

Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden soveltuminen Luumäki-Imatra-rataosuudelle



Tiina Kiuru



RATAHALLINTOKESKUS
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN

Ratahallintokeskuksen
julkaisuja A 1/2007

Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden
soveltuminen Luumäki–Imatra-rataosuudelle

Helsinki 2007

Ratahallintokeskus

Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 1/2007

ISBN 978-952-445-177-2 (nid.)

ISBN 978-952-445-178-9 (pdf)

ISSN 1455-2604

Julkaisu pdf-muodossa: www.rhk.fi

Kannen ulkoasu: Proinno Design Oy, Sodankylä
Kansikuva: Tiina Kiuru

Helsinki 2007

Kiuru, Tiina: Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden soveltuminen Luumäki-Imatra-rataosuudelle. Ratahallintokeskus, Rataverkko-osasto. Helsinki 2007. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 1/2007. 100 sivua ja 20 liitettä. ISBN 978-952-445-177-2 (nid.), ISBN 978-952-445-178-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Avainsanat: akselipaino, akselipainon nosto, 250 kN, tekniset edellytykset, rataosa Luumäki-Imatra

TIIVISTELMÄ

Rautateiden tavarakuljetusten kilpailu avautuu kotimaan sisäisessä liikenteessä vuoden 2007 alussa. Akselipainon nosto on yksi toimenpiteistä, jolla pyritään säilyttämään ja parantamaan rautatieliikenteen kilpailukykyä ja rataverkon toimintaedellytyksiä. Akselipainon noston tulee olla johdonmukaista ja parannuksilla tulee pyrkiä yhtenäisiin kuljetusreitteihin. Akselipainon nostossa tulee ottaa huomioon asiakkaiden tarpeet, kuljetusreitit sekä käytössä oleva 250 kN:n akselipainon salliva kalusto.

Työssä tarkasteltu Luumäki-Imatra-rataosuus kuuluu kiireellisimpiin akselipainon nostoa tarvitseviin rataosuuksiin. Rataosuudella on paljon metsäteollisuuden paperi- ja raakapuukuljetuksia. Luumäki-Imatra-välin akselipainon nostossa toimenpiteet kohdistuvat lähinnä siltojen ja rumpujen korjaamiseen sekä mahdollisiin pohjanvahvistuksiin.

Vaunujen akselipainot ovat nousseet jatkuvasti ja kehitys vie vielä suurempiin akselipainoihin. Tänä päivänä Suomen rataverkolla suurin sallittu akselipaino on pääosin 225 kN lukuun ottamatta muutamia 250 kN:n akselipainon sallivia rataosuuksia. Monilla rataosuuksilla kulkee jo 250 kN:n akselipainon sallivaa kalustoa vajaa-kuormilla. Epävarmuutta kaluston hankintaan tuo se, että 250 kN:n verkon tulevaisuudesta ei ole vielä tietoa. Tällä hetkellä 250 kN:n akselipaino sallitaan Kirkniemi-Hanko, Harjavalta-Mäntyluoto, Pasila-Tampere ja Kerava-Lahti-rataosuuksilla. Akselipainon nosto parantaa mm. rataverkon välityskykyä sekä tavaraliikenteen tehokkuutta ja joustavuutta. Haitat akselipainon nostosta ovat pääosin näkyneet kiskojen kulumisina ja vaihteiden rikkoutumisina.

Suurempi akselipaino voidaan sallia tietyillä radan ominaisuuksilla ja rakenteilla sekä 250 kN:n akselipainolle soveltuvalla kalustolla. Korotettujen akselipainojen käyttöönottoaminen korostaa tarvetta käsitellä ratarakennetta kokonaisuutena, jossa alus- ja päällysrakenne ovat keskenään tasapainossa. Yleensä suurimpana esteenä nostolle ovat sillat, alus- tai pohjarakenne. Suuremmille akselipainoille soveltuvaa kalustoa tyyppihyväksyttäessä tarkastetaan, etteivät sen aiheuttamat rataan kohdistuvat kuormat ylitä sallittuja. Todellisia liikenteessä aiheutuvia kuormia on vaikea arvioida. Akselipainon noston yhteydessä tarkastetaan onko radan vakavuus nykyisellään riittävä. Rummuista ja silloista on määritelty riskityypit tehtyjen selvitysten ja haastattelujen perusteella. Raskaan tavaraliikenteen vaikutus tärinän aiheuttajana on kiistaton, mutta juuri akselipainon noston vaikutuksesta tärinään ei ainakaan Suomessa ole tutkimuksia.

Kiuru, Tiina: Tekniska förutsättningar för förhöjningen av axelvikten och deras tillämpning på Luumäki–Imatra-bansträckan. Banförvaltningscentralen, Bannätsavdelningen. Helsingfors 2007. Banförvaltningens publikationer A 1/2007. 100 sidor och 20 bilagor. ISBN 978-952-445-177-2, ISBN 978-952-445-178-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Nyckelord: axelvikten, förhöjningen av axelvikten, 250 kN, tekniska förutsättningar, bansträckan Luumäki–Imatra

SAMMANDRAG

Järnvägarnas konkurrens om inrikes varutransport påbörjas i början av år 2007. Höjningen av axelvikten är en av de åtgärderna som siktar på att uppehålla och förbättra järnvägstransportens konkurrenskraft och förutsättningarna för järnvägsnätets verksamhet. Höjningen av axelvikter bör vara konsekvent och förbättringarna bör sträva efter enhetliga transportrutter. Höjningen bör ta i beaktande både kundernas behov, transportrutter samt den tillåtna utrustningen för 250 kN:s axelvikt som är i bruk.

I arbetet observerades bansträckan Luumäki–Imatra som är en av de mest brådslande sträckorna för höjning av axelvikter. Bansträckan används mycket för skogsindustrins pappers- och råtimmertransport. Luumäki–Imatra-sträckans ingrepp riktas främst på broarnas och trummornas reparation och möjliga bottenförstärkningar.

Vagnarnas axelvikt har stigit konstant, och utvecklingen har lett till ännu större axelvikter. Idag är den största tillåtna axelvikten på Finlands bannät 225 kN, med undantag av några bansträckor som tillåter axelvikter på 250 kN. På många bansträckor färdas redan vagnar som tillåter axelvikter på 250 kN med ofullständig last. Osäkerheten på anskaffningen av vagnarna beror på att det inte ännu finns vetskap om 250 kN nätverkets framtid. Numera tillåts axelvikt på 250 kN på Kirknäs–Hangö, Harjavalta–Mäntyluoto, Böle–Tammerfors och på Kervo–Lahtis bansträckor. Förökningen på axelvikten förbättrar bl.a. bannätverkets förmedlingsförmåga samt godstrafikens effektivitet och flexibilitet. Bristerna på förhöjningen av axelvikterna har till största delen visat sig i räls slitage och i söndringen av växlar.

Större axelvikt kan tillåtas under vissa banegenskaper och strukturer samt med vagnar som anpassar sig till axelvikten 250 kN. Förhöjda axelvikters ibruktagande betonar behovet att behandla bannätverket som en helhet, där under- och överstrukturen är sinsemellan i balans. Oftast är de största hindren på förhöjningen broar och under- eller överstruktur. När vagnar som anpassar sig till större axelvikter typgodkänns kontrolleras även att lasten som riktas mot banan inte överskrider den tillåtna vikten. De faktiska lasterna som åstadkoms i trafiken är svåra att estimeras. I samband med förhöjningen av axelvikter kontrolleras om banans nuvarande stabilitet räcker till. Av trummor och broar har risk typer definierats baserat på klargörelser och intervjuer. Den tunga godstrafikens inverkan på vibration är tydlig, men just på den förhöjda axelvikten inverkan på vibrationen finns det åtminstone inte i Finland någon undersökning.

Kiuru, Tiina: Technical requirements of increasing the axle loads and their suitability for the Luumäki–Imatra-railway section. Finnish Rail Administration, Rail Network Department. Helsinki 2007. Publications of the Finnish Rail Administration A 1/2007. 100 pages and 20 appendixes. ISBN 978-952-445-177-2, ISBN 978-952-445-178-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Keywords: axle load, raising the axle loads, 250 kN, technical requirements, the Luumäki–Imatra line

SUMMARY

Domestic market for railway freight transport is open for competition in the beginning of 2007. The raising of axle loads is one of the actions which aim to maintain and improve the competitiveness and operating conditions in the railway network. The raising of axle loads should be logical and the improvements should aim at continuous transport routes. Customers' needs, transport routes and the rolling stock allowing for 250 kN axle load should all be taken into account, while raising axle loads.

The Luumäki–Imatra line, which has been examined in this study, is one of the rail sections which needs the raising of axle loads most urgently. Plenty of paper and raw wood deliveries for forest industry use this rail section. Actions of raising the axle loads between Luumäki–Imatra will be mainly focused on repairing bridges and culverts and possible subgrade reinforcements.

The axle loads of wagons have been constantly raising and the development will lead to even higher axle loads. Nowadays, the maximum axle load in the Finnish railway network is mainly 225 kN except for a few rail lines permitting 250 kN axle loads. There are already many rail sections where 250 kN axle load wagons are in use but underloaded. There is no certainty about the future of 250 kN axle load railway lines which brings about uncertainty to the purchasing of new wagons. At the moment, 250 kN axle load is permitted on the following lines: Kirkniemi–Hanko, Harjavalta–Mäntyluoto, Pasila–Tampere and Kerava–Lahti. The raising of axle loads will improve, for example, the infrastructure capacity as well as the efficiency and flexibility of freight traffic. Disadvantages arising from the raising of axle loads can mainly be seen in the wear of rails and the breaking of switches.

Higher axle loads can be permitted by specific track features and structures as well as by wagons suitable for 250 kN axle load. The introduction of higher axle loads emphasises the need to treat the rail structure as a common entity, in which the substructure and superstructure are in balance. Typically, bridges, substructure or bottom layer create the biggest obstacle to the raising of axle loads. It is checked during the type approval process of wagons with higher axle loads that the permitted loads on track will not be exceeded. The actual loads of transport are difficult to estimate. It will be analysed during the raising of axle loads if the stability of the existing track is sufficient. The risk types of bridges and culverts have been specified on the basis of interviews and surveys made in this study. Heavy freight transport beyond dispute causes vibration, but there are no research results on the impact of raising axle loads on vibration in Finland.

ESIPUHE

Julkaisussa käsitellään rautateillä tapahtuvan tavaraliikenteen kasvun ja avautuvan kilpailun aiheuttamia paineita Suomen rautatieverkolle. Paineet kohdistuvat rataverkon kehittämiseen, jonka yhtenä parantamistoimenpiteenä on suurimman sallitun akselipainon korotus. Akselipainon nosto tehostaisi tavaraliikennettä monin eri tavoin ja noston takia saataisiin huomattavia kustannussäästöjä. Nosto ei kuitenkaan onnistu ilman sopivaa ja lujaa rakennetta ja korkeammille akselipainoille soveltuvaa kalustoa. Työssä esitetään 250 kN:n reittien tavoiteverkko, akselipainon noston tekniset edellytykset radalle sekä 250 kN:n akselipainolle soveltuva kotimainen kalusto. Työssä käsitellään myös Luumäki–Imatra-rataosuuden nykytilannetta, tulevaisuutta ja toimenpiteitä, joita rata vaatii ennen akselipainon nostoa.

Tämä julkaisu perustuu pääosin Tiina Kiurun tekemään diplomityöhön. Diplomityö on tehty Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osastolla.

Työ on tehty Tieliikelaitoksen Konsultoinnissa Tieto- ja asiantuntijapalveluissa Ratahallintokeskuksen toimeksiantona. Työn ohjaukseen ovat osallistuneet ratainsinööri Kari Ojanperä Peverk Oy:stä, professori Jarkko Valtonen Teknillisestä korkeakoulusta, diplomi-insinööri Heidi Mäenpää Tieliikelaitoksesta, diplomi-insinööri Matti Levomäki Ratahallintokeskuksesta, insinööri (AMK) Jussi Lindberg Ratahallintokeskuksesta ja diplomi-insinööri Harri Yli-Villamo Ratahallintokeskuksesta.

Helsingissä, helmikuussa 2007

Ratahallintokeskus
Rataverkko-osasto

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SAMMANDRAG.....	4
SUMMARY	5
ESIPUHE.....	6
MÄÄRITELMÄT.....	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Taustaa ja tavoitteet	10
1.2 Tutkimusmenetelmät	11
2 TOTEUTTAMISTARVE 250 kN:n AKSELIPAINOLLE.....	12
2.1 Suomen tavaraliikenne	12
2.2 Akselipainojen kehityksen historiaa	13
2.3 Olemassa olevat 250 kN:n reitit	14
2.4 Tavoiteverkko 250 kN:n akselipainolle.....	15
2.5 Kokemuksia korkeammista akselipainoista.....	16
2.5.1 Toimenpiteet.....	16
2.5.2 Hyötyjä akselipainon nostosta.....	16
2.5.3 Haittoja akselipainon nostosta.....	17
2.6 Reittikohtaiset selvitykset.....	19
2.7 Muita tehtyjä selvityksiä ja tutkimuksia.....	19
2.7.1 Vanhoja selvityksiä ja tutkimustarpeita.....	19
2.7.2 Uudet selvitykset	22
2.7.3 Uusista tutkimuksista saatuja hyötyjä	26
3 AKSELIPAINON NOSTON TEKNISET EDELLYTYKSET	27
3.1 Yleistä.....	27
3.2 Päällysrakenne	28
3.2.1 Kiskot, pölkyt ja tukikerros	28
3.2.2 Vaihteet.....	32
3.2.3 Rautatieliikennepaikat	34
3.3 Radan päällysrakenteen mitoitusperusteet.....	35
3.4 Ratalaitteet	37
3.5 Alusrakenne	37
3.5.1 Välikerros ja eristyskerros.....	37
3.5.2 Pengerleveys.....	38
3.5.3 Routamitoitus	39
3.6 Kalustosta rataa kohdistuvat kuormat.....	40
3.7 Stabiilitteetti.....	44
3.7.1 Yleistä.....	44
3.7.2 Akselipainon noston vaikutus radan stabiilitettiin.....	47
3.7.3 Radan painumat	51
3.8 Sillat.....	51
3.8.1 Yleistä.....	51
3.8.2 Akselipainon noston aiheuttamat toimenpiteet	52

3.8.3	Lyhyesti siltojen tarkastuksista.....	55
3.9	Rummut	56
3.9.1	Yleistä.....	56
3.9.2	Akselipainon noston aiheuttamat toimenpiteet	56
3.9.3	Rumpujen tarkastukset yleisesti	57
3.10	Kalusto ja sen hyödyntäminen.....	58
3.10.1	Yleistä.....	58
3.10.2	Kotimainen 250 kN:n akselipainolle soveltuva kalusto	59
3.11	Tärinä.....	64
3.11.1	Yleistä.....	64
3.11.2	Akselipainon noston vaikutus tärinään.....	65
3.11.3	Tärinän mittaaminen.....	66
3.11.4	Tärinän poistaminen	68
4	LUUMÄKI-IMATRA-RATAOSUUDEN TARKASTELU.....	70
4.1	Yleistä.....	70
4.1.1	Luumäki-Imatra-rataosuus.....	70
4.1.2	Imatran tavara-asema.....	70
4.2	Nykytilanne ja liikenteen kehitysnäkymät	73
4.2.1	Kuljetukset.....	73
4.2.2	Kalusto.....	74
4.2.3	Radan päällysrakenne	75
4.2.4	Luumäki-Imatra-rataosuuden kehittämistavoitteet	76
4.3	Rekisteriselvitys ja ehdotetut toimenpiteet.....	78
5	250 kN:n AKSELIPAINON SALLIVIEN JUNIEN KÄYTTÖ RUOTSISSA	82
6	JATKOTUTKIMUSTARPEITA	84
7	PÄÄTELMÄT	86
8	YHTEENVETO	89
8.1	Tavaraliikenne ja 250 kN:n akselipainon sallivat reitit	89
8.2	Tutkimustuloksia	89
8.3	Akselipainon noston tekniset edellytykset	90
8.4	Luumäki-Imatra-rataosuuden tarkastelu	92
	LÄHDELUETTELO	94
	LIITELUETTELO.....	100

MÄÄRITELMÄT

Alusrakenne koostuu **välikerroksesta**, **eristyskerroksesta** sekä mahdollisesti **suodatinkerroksesta** ja **routalevystä**. Välikerros muodostaa tukikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan ja estää tukikerroksen sekoittumisen alla oleviin rakennekerroksiin. Eristyskerros estää tai vähentää sen alla olevien maakerrosten routimista ja muodostaa välikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan sekä siirtää ja jakaa kuormat pohjamaalle. Eristyskerroksen tehtävänä on myös pysäyttää kapillaarinen veden nousu kerroksen alaosaan ja toimia suodatinkerroksena. Mahdollinen suodatinkerros estää eristyskerroksen ja pohjamaan sekoittumisen. Routalevy lisää rakenteen lämmöneristävyyttä ja estää tai vähentää radan rakenteen alla olevien maakerrosten routimista. /41/

Liikkuvan kaluston akselipainolla tarkoitetaan veturin tai vaunun yhden akselin molempien pyörien eli pyöräkerran raiteeseen kohdistamaa staattista painoa. /40/

Päällysrakenne on radan rakenneosia, johon kuuluvat **tukikerros** ja **raide**. Raide koostuu ratapölkkyistä, rataakselien kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ym. raiteen erikoisrakenteista. Tukikerros taas pitää raiteen geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia alusrakenteelle ja muodostaa raiteelle tasaisen ja kantavan alustan. Tukikerroksen materiaalina käytetään raidesepeliä tai raidesoraa. /41/

Radan pengerleveydellä tarkoitetaan leveyttä, johon alusrakenteen ylin kerros rakennetaan. Pengerleveys on normaalisti välikerroksen yläpinnan leveys. /41/

Rata on rakenne, johon kuuluvat kaikki raiteet ja vaihteet tukikerroksineen, alus- ja pohjarakenteineen, sillat, rummut, kuivatusrakenteet, rautatien tasoristeykset, turvalaitteet ja sähköistuksen vaatimat laitteet maadoituksineen. /43/

Telipaino on teliin kuuluvien pyöräkertojen raiteeseen kohdistama yhteinen staattinen paino. /40/

Vaihde on raiteiden liityntäkohta, jossa liikenne voidaan ohjata raiteelta toiselle. Vaihteiden erilaisilla matemaattisilla ratkaisuilla voidaan aikaansaada erilaisia yhteyksiä ja nopeuksia raiteiden välille. Ilman vaihteita ei voida harjoittaa tarkoituksenmukaista rautatieliikennettä. Yleistavoitteena vaihteiden rakenteelle ja geometrialle on sallia turvallinen liikennöinti ilman akselipainorajoituksia ja linjanopeus yhdellä liikennesuunnalla erikoistapauksia lukuun ottamatta. /42/

Vaunun **metripainon** (kN/m) määräävät vaunun pituus ja sen kokonaispaino. Vaunun pituudella tarkoitetaan yleensä vaunun puskimien välistä etäisyyttä ja vaunun painoksi oletetaan maksimi akselipaino kertaa akselien lukumäärä. /13/

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa ja tavoitteet

Suuri osa suomalaisista akselipainon nostoon liittyvistä selvityksistä on tehty Ratahallintokeskuksen 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoon tähtäävän tutkimusprojektin (RHK A 5/2001) yhteydessä. Raportissa esitellään tehtyjen tutkimusten tuloksia sekä eri tutkimusten tuloksina syntyneitä jatkotutkimustarpeita ja toimenpide-ehdotuksia. Raportissa listataan myös välttämättömiä toimenpiteitä, joita akselipainon korottaminen vaatii. Projektin yhteydessä tehtyjen tutkimusten mukaan akselipainojen korottaminen 250 kN:iin on mahdollista tietyin edellytyksin. Tutkimusprojektin jälkeen on tutkittu enimmäkseen rakennekerrosten käyttäytymistä. Tampereen teknillisen korkeakoulun Maa- ja pohjarakenteiden laitos on toteuttanut suuren osan Ratahallintokeskuksen ratarakenteisiin liittyvistä tutkimuksista. Pelkästään akselipainon nostoon ja/tai noston vaikutuksiin liittyviä tutkimuksia ei ole tehty. Reittikohtaisia akselipainoselvityksiä on tehty monilta rataosuuksilta, mutta vain joitain niistä on toteutettu. Tällä hetkellä 250 kN:n akselipaino sallitaan Kirkniemi–Hanko (2002), Harjavalta–Mäntyluoto (2003), Helsinki–Tampere (2006) ja Kerava–Lahti (2006) -rataosuuksilla. Kahdella viimeksi mainitulla rataosuudella 250 kN akselipaino ei oikeastaan ole käytössä, koska osuudet eivät muodosta kaupallisesti merkittävää osuutta.

Tavaraliikenteen kasvaminen, rautateiden kilpailukyvyn säilyttäminen ja kehittäminen sekä teollisuuden asiakkaiden tarpeet ja toiveet synnyttävät paineita Suomen rataverkolle. Paineet kohdistuvat rataverkon kehittämiseen ja tavaraliikenteen parempiin toimintaedellytyksiin. Tällä hetkellä Suomessa on monilla teollisuuden yrityksillä tarvetta korkeammille akselipainoille. Akselipainon nosto tehostaisi tavaraliikennettä monin eri tavoin, ja nostosta saataisiin myös huomattavia kustannussäästöjä. Akselipainon nosto tulee toteuttaa järjestelmällisesti rataosuuksittain sekä teollisuuden kuljetusreitit ja asiakkaiden toiveet huomioon ottaen, jotta nostosta saataisiin suurimmat hyödyt.

Suurempi akselipaino voidaan sallia tietyillä radan ominaisuuksilla ja rakenteilla. Akselipainon korotus vaikuttaa uusilla ja olemassa olevilla radoilla radan päällysrakenteen, normaalipoikkileikkauksen, pengerleveyden ja pohjanvahvistustoimenpiteiden valintaan sekä siltojen ja rumpujen rakenteisiin. Kriittisimmät kohdat akselipainon nostossa ovat radan stabiliteetti ja sillat. Rata tulee mitoittaa suurimman sallitun akselipainon mukaan. Uudet radat kannattanee mitoittaa pitkän tähtäyksen hyötyjen ja akselipainojen kehityksen suunnan takia vielä 250 kN:a suuremmille akselipainoille. Voidaan sanoa, että uusia ratoja on helpompi rakentaa suoraan korkeammille akselipainoille kuin parantaa vanhaa rataa yli 250 kN:n akselipainolle. Suuremmat akselipainot aiheuttavat kuitenkin lisätoimenpiteitä, joista seuraa enemmän kustannuksia. Korkeammille akselipainoille sopiva ratarakenne ei ainoastaan takaa raskaampaa tavaraliikennettä. Tarvitaan myös korkeammille akselipainoille soveltuvaa kalustoa. Sopivaa kalustoa Suomessa on jo runsaasti, mutta suurin osa siitä on vajaakäytössä. Oikean kaluston tulee täyttää tietyt vaatimukset rataan kohdistuvista voimista ja turvallisuudesta. Tavoitteena on myös, että uudella 250 kN:n akselipainolle soveltuvalla kalustolla tavaran kuormausta ja purku tehostuvat.

Työn tavoitteena on selvittää akselipainon noston tekniset edellytykset radalle, 250 kN:n akselipainolle soveltuvan kotimaisen kaluston olemassa- ja käytössäolo sekä ajankohtainen näkemys 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta. Työssä on tarkoitus selvittää myös akselipainon noston vaikutuksia tärinään. Tavoitteena on tutkia Luumäki–Imatra-rataosuuden nykytilannetta, tulevaisuutta ja toimenpiteitä, joita rataosuus vaatii ennen akselipainon korottamista. Työssä on tarkoitus käydä myös läpi suoraan tai välillisesti akselipainon nostoon ja noston vaikutuksiin liittyviä selvityksiä ja tutkimuksia sekä koota niistä saatuja tutkimustuloksia.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Työ suoritettiin pääosin kirjallisuusselvityksenä. Kirjallisuustutkimus perustuu lähinnä suomalaiseen kirjallisuuteen. Kirjallisuutta ryhdyttiin etsimään lähinnä Ratahallintokeskuksen teettämistä reittikohtaisista selvityksistä, ohjeista ja määräyksistä, kuten Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO) -sarjasta sekä Ratahallintokeskuksen 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoon tähtäävästä tutkimusprojektista.

Työssä on tehty kirjallisuusselvityksen lisäksi monia asiantuntijahaastatteluja. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoidun teemahaastattelun muodossa /8/. Haastattelut olivat vapaamuotoisia, ja niitä käytiin etukäteen tehtyjen ja haastateltaville lähetettyjen alustavien kysymysten pohjalta. Asiantuntijoilla oli mahdollisuus valmistella vastauksiaan ennen haastattelutilaisuutta. Haastattelut kestivät keskimäärin kaksi tuntia. Haastatteluilla pyrittiin täydentämään kirjallisuuslähteitä uudella ja ajankohtaisella tiedolla. Haastattelujen aihepiireinä olivat 250 kN:n akselipainon reittien toteuttamistarve, korkeammalle akselipainolle soveltuva kotimainen kalusto, akselipainon noston vaikutukset tärinään sekä akselipainon noston tekniset edellytykset silloille, rummuille, radan stabiliteetille ja päällysrakenteelle. Työssä haastateltiin myös olemassa olevien 250 kN:n akselipainon sallivien ratojen kunnossapitäjiä noston aiheuttamista toimenpiteistä, hyödyistä ja haitoista sekä käytiin tutustumassa Kirkniemen tehdasrataan ja ratapihaan. Keskustelua käytiin haastattelujen lisäksi haastateltavien ja muiden asiantuntijoiden kanssa vapaamuotoisesti sekä sähköpostilla.

Luumäki–Imatra-rataosuuden nykytilaa, tulevaisuutta ja akselipainon noston edellyttämiä toimenpiteitä selvitettiin Kaakkois-Suomesta tehtyjen tutkimusten pohjalta sekä silta-, rumpu- ja pehmeikkörekkierien avulla. Luumäki–Imatra-rataosuudelta on ehdotettu toimenpiteitä, joita tulee tehdä ennen akselipainon nostoa. Ehdotetut toimenpiteet ja kustannusarviot on tehty asiantuntijalausuntojen, tehtyjen selvitysten ja työn tekijän arvion mukaan. Työn aikana käytiin myös kaksi kertaa mukana kävelytarkastuksessa Luumäki–Imatra-rataosuudella. Käynnit ajoittuivat vuoden 2006 toukokuulle Luumäki–Joutseno-välin ja Joutseno–Imatra-välin kunnossapitäjän tekemiin kävelytarkastuksiin.

2 TOTEUTTAMISTARVE 250 kN:n AKSELIPAINOLLE

2.1 Suomen tavaraliikenne

Rautatiekuljetukset kilpailevat lähinnä tiekuljetusten ja osittain myös vesikuljetusten kanssa. Rautatiekuljetukset ovat selvästi tie- ja vesikuljetuksia ympäristöystävällisempi ja tiekuljetuksia turvallisempi kuljetusmuoto. Koko yhteiskunnan kannalta rautatiekuljetusten kilpailukykyä tulisi kehittää yhteiskuntataloudellisesti niin, että rautatiekuljetusyrietykset pystyvät vastaamaan elinkeinoelämän muuttuviin tarpeisiin. Tavoitteena on, että rautatiekuljetusten markkinaosuus kuljetuksista kasvaisi tai säilyisi vähintään nykyisellä tasolla. Tavoite korostuu Kaakkois-Suomessa, jossa sekä rautatie- että tiekuljetukset kasvavat poikkeuksellisen nopeasti. /9/. Akselipainon nosto on yksi toimenpiteistä, jolla pyritään säilyttämään ja parantamaan rautatieliikenteen kilpailukykyä, rataverkon toimintaedellytyksiä, radan palvelutasoa sekä tehostamaan kansainvälisiä, valtakunnallisia ja alueiden välisiä yhteyksiä. /25/

Kaakkois-Suomen kehittämisselvityksen mukaan teollisuusasiakkaiden tavoitteena ja toiveena on sellainen kuljetusjärjestelmä, joka takaa teollisuuden vientikuljetusten säännöllisyyden ja sujuvuuden sekä varmistaa raaka-aine- ja kemikaalikuljetusten toimitusvarmuuden ja itäisen konttaliikenteen sujuvuuden. Liikennöitsijän tavoitteena on, että rataverkko varmistaa mahdollisimman hyvin rautatiekuljetusten kilpailukyvyn muihin kuljetustapoihin nähden tai tarvittaessa liityntäyhteyden niihin. Liikennöitsijän on kyettävä vastaamaan asiakkaan odotuksiin mahdollisimman hyvin. Liikennöitsijän ja asiakkaan toiveet ja tavoitteet rataverkon kehittämisen suhteen ovat hyvin samanlaiset. Keskeisiä tavoitteita ovat suurimman sallitun akselipainon nostaminen 250 kN:iin, junapituuden kasvattamisen mahdollistaminen rautatieliikennepaikkojen pitkillä raiteilla sekä radan välityskyvyn takaaminen lisäraiteilla ja sujuvilla ratapihoilla. Vaunujen akselipainojen nostoa pidetään kiireellisenä, sillä liikennöitsijä on jo hankkinut nykyistä kantavampaa vaunukalustoa. Tavoitteena on myös kuljetusten kustannustehokkuuden parantaminen esimerkiksi raitinfrastruktuuria ja kuljetuskalustoa koskevien investointien sekä kuljetusjärjestelmän kehittämisen avulla. Liikennöitsijän ja radanpitäjän näkökulmasta tärkeitä ovat myös monet muut investoinnit, jotka parantavat mm. vaihtotöiden kustannustehokkuutta sekä turvallisuutta. /9/

Rautatiekuljetusten kilpailu avautuu kotimaan sisäisessä liikenteessä vuoden 2007 alussa. Kilpailu ei koske itäistä yhdysliikennettä. Läntisessä yhdysliikenteessä kilpailu on jo avointa, useita liikennöitsijöitä ei vain ole /70/. VR Osakeyhtiö on tällä hetkellä ainoa liikennöitsijä Suomen rataverkolla ja sillä on rautatielain mukaan monopoliasema harjoittaa kotimaan tavaraliikennettä. Liikenne- ja viestintäministeriön selvityksen mukaan kilpailua odotetaan syntyvän erityisesti vahvoissa tavaravirroissa, joita on esimerkiksi Kaakkois-Suomessa. Kilpailutilanteessa rataverkolla voi liikennöidä kuka tahansa liikennöitsijä, jolla on toimilupa ja joka täyttää asetetut liikenteen turvallisuus- ja kalustomääräykset. Liikenteen harjoittamisen yhtenä edellytyksenä on, että rautatieyritykselle on myönnetty ratakapasiteettia. Kapasiteetin jakaminen voi muodostua ongelmalliseksi, jos vapaata kapasiteettia ei ole riittävästi tarjolla kysyntään nähden. /9/

Kotimaan tavaraliikenteen avautumista kilpailulle pidetään rautatiekuljetusten asiakkaiden keskuudessa merkittävänä mahdollisuutena parantaa rautatiekuljetusten kilpailukykyä muihin kuljetustapoihin nähden. Kilpailun avautumisen arvioidaan

tuovan markkinoille uusia liikennöitsijöitä, minkä seurauksena odotetaan syntyvän tervettä kilpailua uusien yksityisten ja nykyisen valtion omistaman rautatieyhtiön välillä. /9/

Suomen kaikesta tavaraliikenteestä rautatiekuljetusten osuus on noin 25 % /81/. Suomen rautateillä liikkuvasta tavaraliikenteestä noin 40 % (tonneissa) on itäistä kansainvälistä liikennettä. Suurin osa Suomen Venäjän liikenteestä tapahtuu Vainikkalan kautta. Vainikkalasta tuodaan mm. öljyä, kontteja ja raakapuuta. Imatrankoskelle tulee lähinnä raakapuuta, josta osa varastoidaan Suomen puolelle ja lastataan jatkokuljetuksia varten muihin tavaravaunuihin. Pohjoisempaa Niiralasta tuodaan mm. raakapuuta, kemian teollisuuden raaka-aineita ja romua. Pohjoisin Venäjän rajanylitysasema on Vartius, jonka kautta kulkee rikasteita ja raakapuuta. /71/. Eri raja-asemien osuudet Suomen rautateillä tapahtuvasta viennistä ja tuonnista on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 1. Rajaliikenteen jakautuminen raja-asemittain 2003. /12/

Raja-asema	Tuonti (%)	Vienti (%)
Vainikkala	53,4	90,4
Imatrankoski	21,6	0,05
Niirala	17,1	9,5
Vartius	7,9	0,05

2.2 Akselipainojen kehityksen historiaa

Suomeen rakennettiin ensimmäinen rata vuonna 1862 Helsingin ja Hämeenlinnan välille. Venäjältä rakennettiin yhteys Suomeen 1870-luvulla. Suomen rataverkkoa laajennettiin ja nykyinen päärautatieverkko valmistui valtaosaltaan 1930-luvulla. /57/. Kerava–Lahti-oikorata on uusiin rakennettu raideyhteys ja se otettiin käyttöön 3.9.2006. Rautateiden matkustajamäärät nousevat ja junia ajetaan koko ajan enemmän, minkä takia rataverkkoa tulee kehittää ja pitää kilpailukykyisenä. Suomen on myös oltava jatkuvasti yhteistyössä muiden valtioiden ja kuljetusyritysten kanssa, koska Suomi on osa kansainvälistä kuljetusketjua. Tavaraliikenteen virrat kasvavat ja muuttuvat jatkuvasti, minkä vuoksi esimerkiksi akselipainon nosto on tullut ajankohtaiseksi.

Vaunujen sallitut akselipainot ovat nousseet kaiken aikaa. Rautatieliikenne aloitettiin sallimalla 125 kN:n akselipaino, mistä se on noussut 200 kN:iin. Tänä päivänä muutamia 250 kN:n akselipainon sallivia rataosuuksia lukuun ottamatta Suomen päärataverkolla suurin sallittu akselipaino on 225 kN. Kehitys vie vielä suurempiin akselipainoihin. Akselipainon korotus mm. parantaa logistiikkaa, lyhentää junapituuksia suurempien vaunukohtaisten kuljetusmäärien takia, parantaa säännöllisiä kuljetuksia ja vähentää lastaustöitä. /57/

Akselipainosta käytetään eri yhteyksissä eri yksiköitä. Akselipainosta puhutaan esimerkiksi 250 kN:na ja 25 tonnina (t), joilla tarkoitetaan samaa asiaa. Eri yksiköt kuitenkin tekevät luvuista todellisuudessa eri suuruksia. Kun akselipaino muutetaan massasta ($25\text{ t} = 25\,000\text{ kg}$) painoksi (kN) saadaan $25\,000\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 = 245\,250\text{ N}$ eli **245,25 kN**. Kun paino ($250\text{ kN} = 250\,000\text{ N}$) muutetaan massaksi (kg, t) saadaan $250\,000\text{ N} / 9,81\text{ m/s}^2 = 25\,484\text{ kg}$ eli **25,5 t**. Edellisistä suureista massaa (t) käytetään sen vuoksi, että asia ymmärrettäisiin yleisesti paremmin. Massa on ihmisille tutumpi

käsite kuin paino. Edellisistä suureista kuitenkin paino (kN) on oikea yksikkö, jota tarkoitetaan puhuttaessa akselipainon korottamisesta 250 kN:iin. Eli liikenteessä sallitaan todellisuudessa 25,5 tonnin akselimassa. Näin ollen 4-akselisen vaunun, joka sallii 250 kN akselipainon, kokonaismassa voi olla 102 tonnia 100 tonnin sijaan.

Kahden tonnin massaero ei ole merkittävä siinä mielessä, että Jtt:ssä (Junaturvallisuuksääntöön liittyvät tekniset määräykset ja ohjeet) sallitaan vaunujen kulkeminen 5 % ylikuormassa. Usein vaunun kokonaismassa lasketaan oman massan (taarapaino) ja kuorman massan summana ottamatta huomioon esimerkiksi vaunun rakenteissa olevaa lunta ja jäätä, joita voi olla useampikin tonni. /70/

2.3 Olemassa olevat 250 kN:n reitit

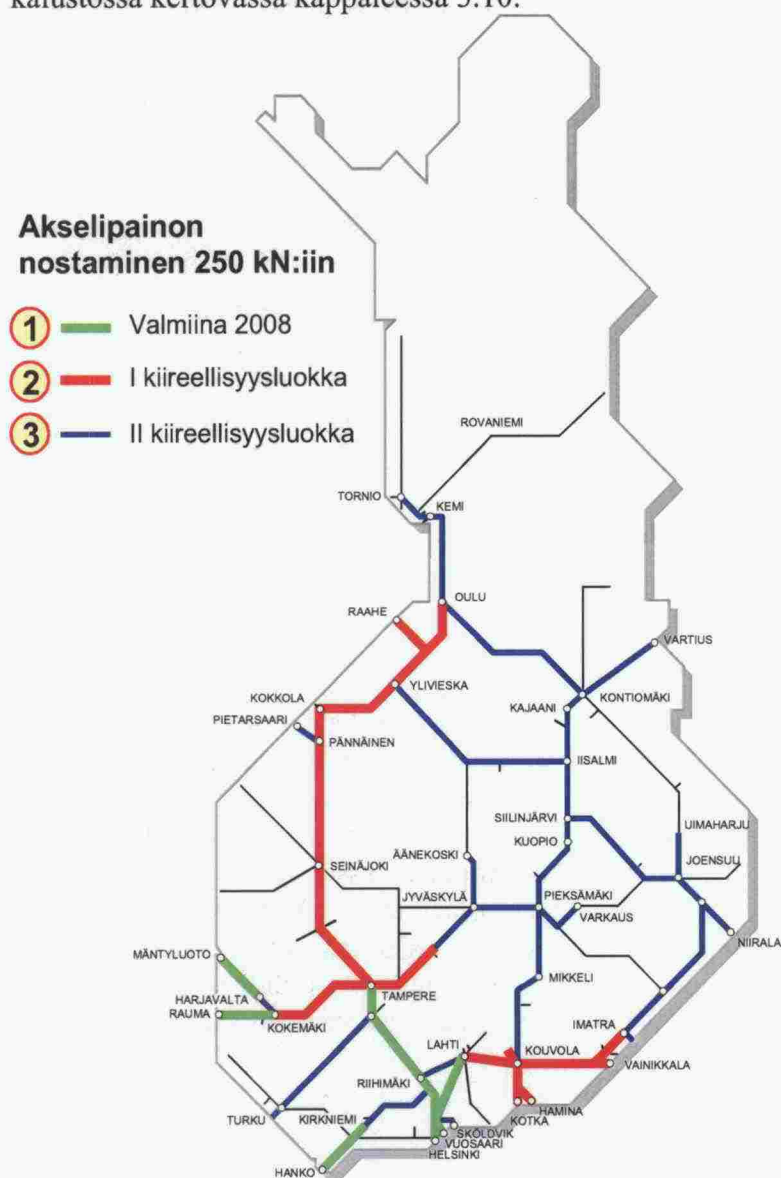
Taulukossa 2 näkyvät tällä hetkellä olemassa olevat pääradat ja yksi sivurata, joilla sallitaan 250 kN:n akselipaino. Taulukossa on näiden rataosien rataluokat ja niillä sallitut nopeudet.

Taulukko 2. Rataluokat ja niillä sallittavat nopeudet (km/h) rataosuksilla, joilla sallitaan 250 kN:n akselipaino. /34/ (taulukot 5.23 ja 5.24)

Rataosa	Rata- luokka	Henkilöjunat		Tavarajunat			
		veturi- junat	moottori- junat	160 kN	200 kN	225 kN	250 kN
Kirkniemi - km 152,2	D	80	80	80	80	80	80
km 152,2 - Karjaa	C1	80	80	80	80	80	60
Karjaa - km 205,7	D	120	120	120	120	100	100
km 205,7 - Hanko	C1	60	60	60	60	60	60
Kirkniemen tehdasrata	B1	30		30	30	30	30
Harjavalta - Pori	D	140	140	120	120	100	100
Pori - Mäntyluoto	C1	70	70	70	70	70	50
Pasila-Tikkurila läntisin raide	D	160	160	120	120	100	100
Pasila-Tikkurila läntinen keskiraide	D	160	160	120	120	100	100
Pasila-Tikkurila itäinen keskiraide	D	120	120	120	120	100	100
Pasila-Tikkurila itäisin raide	D	120	120	120	120	100	100
Tikkurila-Kerava läntisin raide	D	200	200	120	120	100	100
Tikkurila-Kerava läntinen keskiraide	D	200	200	120	120	100	100
Tikkurila-Kerava itäinen keskiraide	D	120	120	120	120	100	100
Tikkurila-Kerava itäisin raide	D	120	120	120	120	100	100
Kerava-Tampere	D	200	200	120	120	100	100
Kerava-Hakosilta	D	200	220	120	120	100	100
Hakosilta-Lahti	D	160	200	120	120	100	80

2.4 Tavoiteverkko 250 kN:n akselipainolle

Kuvassa 1 näkyy 250 kN:n akselipainon reittien kiireellisyysluokitus, joka perustuu Ratahallintokeskuksen (RHK) PTS-suunnitelmaan ”Rautatieliikenne 2030” (2006) /22/. Liitteen 1 taulukossa näkyy RHK:n näkemyksen lisäksi joitain liikennöitsijän (VR) näkemyksiä, jotka tulivat haastatteluissa esille. Liitteen 1 taulukossa luetellaan olemassa olevat, kiireellisimmin tarvittavat ja muut 250 kN:n akselipainon reittitarpeet. Taulukossa on esitetty reitin pituus, käyttöönottovuosi, kotimaisen 250 kN:n akselipainon sallivan kaluston käytössä olo, mitä kuljetuksia reitillä on ja hankkeen kustannusarvio. Taulukkoon on myös merkitty hankkeen toteutustapa ja muita huomioon otettavia asioita. Suurimmat tarpeet akselipainon nostolle ovat metsäteollisuuden mm. tuote-, raakapuu- ja sahatavarakuljetuksissa. Akselipainon noston tarpeen synnyttävät pääosin asiakkaiden kuljetustarpeet sekä 250 kN:lle sopivan kaluston tämän hetkinen käyttö vajaakuormilla. Akselipainon nostotarpeista lisää kalustossa kertovassa kappaleessa 3.10.



Kuva 1. Kartta 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta. /22/

2.5 Kokemuksia korkeammista akselipainoista

2.5.1 Toimenpiteet

Kokemuksia 250 kN:n akselipainon liikenteestä on oikeastaan vain Kirkniemi–Hanko ja Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuuksilta. Näiden välien 250 kN:n akselipainolle soveltuvasta kalustosta ja liikennöinnistä kerrotaan lisää kalustosta kertovassa kappaleessa 3.10.

Kirkniemi–Hanko-rataosuus

Tällä hetkellä Kirkniemi–Hanko-rataosuudella on C₁- ja D-rataluokkaan kuuluvaa päärataa. Kirkniemen tehdasrata on B₁-rataluokkaa, jolla on K43 -kisko, puupölkky ja raideruuvikiinnitys. Kirkniemi–Hanko-rataosuus on peruskorjattu vuosina 1993–1999. Akselipainon korotus tehtiin kyseiselle välille vuonna 2002. Rataosuudella korjattiin 2 rumpua ennen akselipainon nostoa. Kahdelle rummulle jatkettiin kahden vuoden ajan tehostettua tarkkailua 6 kuukauden välein. Tehostetussa tarkkailussa seurattiin betonikansilla peitettyjen vanhojen kivirumpujen saumojen liikkeitä. Tarkkailu pyydettiin erillisenä kunnossapitotehtävänä ja siitä annettiin ohjeet. Kiskoihin on lisätty ankkurointia estämään kiskojen liikkumista. Kirkniemen tehdasradalle vaihdettiin myös ulkokaarteen kiskot. /65/

M-Realin ratapihalle tehtiin akselipainon noston yhteydessä parannuksia. Hangon sataman ratapihalle vaihdettiin myös paikoittain betonipölkkyjä. Hangon sataman ratapihan vaihtotyöt ovat epäkäytännöllisiä ja raskaita, joten paremmilla ratapihajärjestelyillä ja vaihteiden uusimisella saataisiin myös aikaan paljon hyötyjä. Kirkniemi–Hanko-rataosuudella on myönteistä se, että sillä ei ole oikeastaan lainkaan huomioon otettavia pehmeikköalueita. Karjaan ratapihan alue on pehmein tällä rataosuudella. Rataosuudella ei olekaan havaittu painumia. Jatkoksissa ei myöskään ole havaittu vikoja. /65/

Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuus

Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella on C₁- ja D- rataluokkaan kuuluvaa päärataa. Päälysrakenteen peruskunnostus tehtiin vuonna 1998, jolloin K43-kiskot vaihdettiin 54E1-kiskoiksi, noin puolet pölkyistä ja kiinnityksistä uusittiin sekä lisättiin uutta tukikerrosta. Peruskunnostus antoi melko hyvät valmiudet akselipainon nostolle. Vuonna 2003 sallittiin 250 kN:n akselipaino tavaraliikenteessä. Akselipainon noston yhteydessä kunnostettiin ja korjattiin kaksi siltaa vastaamaan suurempaa akselipainoa. Rummut tarkastettiin, mutta kunnostustöitä ei tehty. Pohjanvahvistuksia ei myöskään tehty eikä päälysrakenteeseen tehty mitään merkittäviä muutoksia. Siltojen ja rumpujen seurantatarkastuksia tehtiin parin vuoden ajan sekä kiskotarkastukset suoritettiin normaalisti. Ohjeistusta seurantaan ei ollut. /72/

2.5.2 Hyötyjä akselipainon nostosta

Vuonna 2004 Elijärvi–Röyttä yleissuunnitelman yhteydessä vajaan yhden vuoden kokemuksen perusteella sanottiin, että K17-teliset vaunut kulkevat erittäin hyvin ja rataystävällisesti suoralla ja suurisäteisissä kaarteissa /29/. Näitä aikaisemmin mainittuja

kokemuksia K17-telin vaunuista on Kirkniemi–Hanko-rataosuudella Simn-t-siirtokate-vaunuista ja Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella Taimn-t-rikastevaunuista. Vaunujen telit on suunniteltu siten, että rataa kohdistuva kuormitus ei ole merkittävästi suurempi kuin vanhoilla 225 kN:n akselipainon vaunuilla /28/.

Kirkniemi–Hanko-rataosuus

Akselipainon nostosta on ollut paljon hyötyä Kirkniemi–Hanko-rataosuuden linjalla ja ratapihoilla. Uusia paperivaunuja tarvitaan huomattavasti vähemmän, koska uusiin vaunuihin mahtuu enemmän tavaraa kuin vanhoihin, minkä takia junapituudet lyhenevät. Edellisten seikkojen vuoksi vaihtotyöt ovat vähentyneet ja tavarankuljetus on joustavampaa ja tasaisempaa. Kuormaamisesta ja purkamisesta on myös yksityisillä tehdasalueilla tullut nopeampaa ja tehokkaampaa. /67/, /73/ Kun vaunuja tarvitaan vähemmän ja junat lyhenevät, paranevat radan kapasiteettitilanne sekä muiden tavarankuljetusten ja henkilöliikenteen mahdollisuudet. Myös radan kunnossapitokustannuksissa voidaan saada säästöä, kun junan kokonaispaino voi junien vaunumäärän vähentyessä pienentyä.

Akselipainojen nostolla saavutetaan myös kustannussäästöjä junien liikennöinnissä ja vaunujen käsittelyssä. Akselipainon nosto hyödyttää kustannussäästöillä mm. kuljetusten ostajia sekä ulkoisten haittojen mm. päästöjen ja tieliikenteen onnettomuuksien vähentymisellä koko yhteiskuntaa. /56/

Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuus

Siltojen kunnostus Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella on hyödyttänyt kunnossapitäjää, mutta suurimmat hyödyt akselipainon nostosta on saatu kuljetuksissa. Vaihteissa ei ole havaittu isompaa kunnossapitotarvetta. /72/

2.5.3 Haittoja akselipainon nostosta

Kirkniemi–Hanko-rataosuus

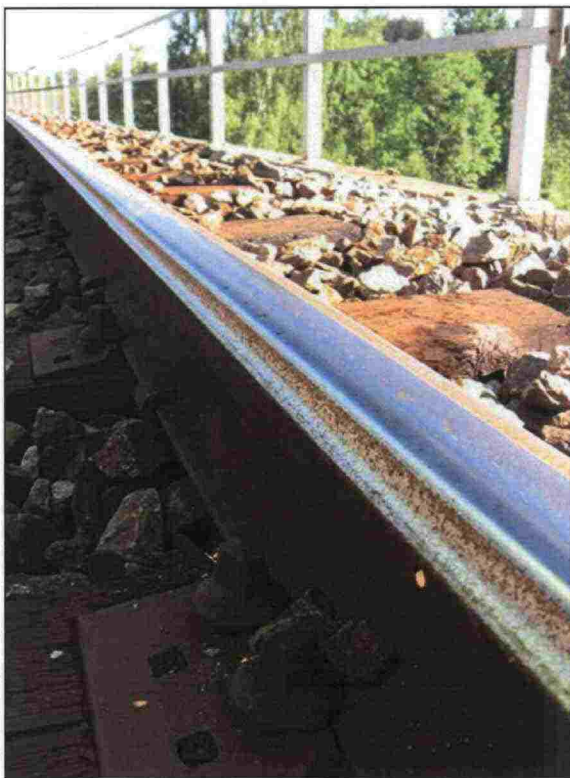
Kiskoihin kohdistuu suuria vaakavoimia ja niiden kuluminen on voimakasta, kun kaarresäde on pienempi kuin 300 m. Kaarresäteen ollessa alle 300 m on usein myös nykyliikenteellä kulumisongelmia. Kuluminen on Hangossa selvästi lisääntynyt K17-telien käyttöönoton myötä. Vaihteissa, joissa on 60E1-kisko, ei ole kuitenkaan todettu epätavallisen voimakasta kulumista, kuten kevyemmissä kiskolaaduissa. /29/. Syynä tähän on muissa vaihteissa käytettyä kaarresädettä suurempi kaarresäde ($R = 200 \text{ m} \leftrightarrow R = 300 \text{ m}$) ja hamaraltaan hienoperlitisöity hyvin kulutusta kestävä teräslaatu.

Suurimmat ongelmat akselipainon noston jälkeen ovat olleet Kirkniemen tehdasradalla sekä yksityisen Hangon satamalaitoksen omistamassa Hangon satamassa. Akselipainon korotuksen (2002) jälkeen Hangon ratapihalle on uusittu neljä vaihdetta, joissa K43-kiskot vaihdettiin 54E1-kiskoiksi. RHK rahoitti kaksi ja Hangon satama kaksi vaihdetta. Tällä hetkellä suurin ongelmakohta on Kirkniemen tehdasradan ja pääradan vaihdealue ja tehdasradan monta kertaa peräkkäin vaihtuvat lyhyet kaarteet ja pienet kaarresäteet (kuva 2). Pienet kaarresäteet ja kehoon päällysrakenne tukikerrosta lukuun ottamatta ovat aiheuttaneet akselipainon noston jälkeen voimakasta ulkokiskon kulumista (kuva 3).

Kulumista seurattiin RHK:n pyynnöstä 2 vuotta noston jälkeen. Kiskojen päiden väliin on tullut myös normaalia suurempia jatkosrakoja, koska kiskon kiinnitykset eivät ole olleet tarpeeksi pitäviä. Nopeus tehdasraiteella on 30 km/h. Kunnossapitäjän mukaan tehdasradan päällysrakenne tulisi uusia 54E1-kiskon ja puupölkyn rakenteeksi. Nopeus olisi uusimisenkin jälkeen junaturvallisuuksista 30 km/h. /65/ Akselipainon noston jälkeen on esiintynyt ongelmia myös Kirkniemen asemalla. Kirkniemen asemalla käytetään releasetinlaitejärjestelmää, jossa raiteen vapaana oloa valvotaan raidevirtapiirein. Raskaan kuorman takia kiskot kuluvat ja niistä lähtee metallihilettä. Hilettä voi mennä eristysjatkoksen kohdalla kiskojen päiden väliin, mikä aiheuttaa asetinlaitteelle ilmoituksen, että vaihteessa on vaunu, vaikka ei olisikaan. Tämä voi aiheuttaa liikenteen ohjaajalle lisätyötä. /67/



Kuva 2. Esimerkki pienisäteisten kaarteiden muutoskohdasta Kirkniemen tehdasradalla.



Kuva 3. Kulunut ulkokaaren kisko Kirkniemen tehdasradalla.

Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuus

Rataosuudella on kiskoissa tapahtunut kulumista, mutta on vaikea sanoa, johtuuko se kasvaneesta kuormituksesta vai onko se normaalia kulumista. Kiskoja on vaihdettu ehkä hieman normaalia enemmän kiskon katkeamisten takia. Ajettaessa nopeudella 50 km/h Porin ja Mäntyluodon välillä näyttää siltä, että raskas liikenne ei suuremmassa määrin rasita rataa. Jos nopeus nostetaan, saattavat ongelmat kasvaa nopeastikin. Harjavallan ja Porin välillä ajetaan nopeudella 80 km/h. /72/

2.6 Reittikohtaiset selvitykset

Akselipainon korotus on toteutettu Kirkniemi–Hanko (74 km), Harjavalta–Mäntyluoto (46 km) ja Helsinki–Tampere (187 km) -rataosuuksille. Akselipainoselvityksiä on kuitenkin tehty monia. Tähän mennessä ainakin yksi on jäänyt toteuttamatta tehtaan valittua kuljetusväyläksi maantien radan sijaan. Seuraavaksi on esitetty lista tehdyistä akselipainoselvityksistä tai muista selvityksistä, joissa on ollut mukana akselipainotarkasteluja.

- 25 t akselipainoselvitys
 - Kirkniemi–Hanko
 - Harjavalta–Mäntyluoto
 - Lauritsala–Kouvola (vaatii tarkempaa selvitystä)
 - Kouvola–Kotka/Hamina (vaatii tarkempaa selvitystä)
- Lahti–Vainikkala
- Kerava–Lahti (Kerava–Hakosilta-osuus on suunniteltu alusta lähtien 250 kN akselipainolle, Hakosilta–Lahti-osuus on selvitetty Kerava–Hakosilta-osuuden rakentamisen aikana)
- Helsinki–Tampere
- Tampere–Seinäjoki–Oulu
- Jämsänkoski–Rauma
- Orivesi–Haapamäki–Jyväskylä (2004)
- Luumäki–Imatra kaksoisraideselvitys (2002)
- Jyväskylä–Pieksämäki
- Kouvola–Joensuu
- Kouvola–Pieksämäki
- Elijärvi–Röyttä (jäänyt toteuttamatta)

2.7 Muita tehtyjä selvityksiä ja tutkimuksia

2.7.1 Vanhoja selvityksiä ja tutkimustarpeita

Suuri osa suomalaisista akselipainon nostoon liittyvistä selvityksistä on tehty Ratahallintokeskuksen 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoon tähtäävän tutkimusprojektin (A 5/2001) yhteydessä. Tutkimuskokonaisuuteen kuuluu 19 RHK:n ja kaksi VTT:n julkaisua. Seuraavaksi on lueteltu tehtyjä tutkimuksia sekä monia niiden jälkeen toteutettuja jatkotutkimuksia. Tässä on yritetty mainita suoraan tai välillisesti juuri akselipainon nostoon liittyviä tutkimuksia ja tutkimustarpeita. Kaikki nämä

tutkimukset on tehty ennen säännöllisen 250 kN:n akselipainon sallivan liikenteen aloittamista.

Levomäki, M., Valtonen, J., Loppuraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen rata-teknisistä tutkimuksista. **A 5/2001**. Loppuraportti on Ratahallintokeskuksen 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoon tähtäävästä tutkimusprojektista. Raportissa esitellään tehtyjen tutkimusten tuloksia sekä eri tutkimusten tuloksina syntyneitä jatkotutkimustarpeita ja toimenpide-ehdotuksia sekä listataan välttämättömiä toimenpiteitä, joita akselipainon korottaminen vaatii. Tutkimusten mukaan akselipainojen korottaminen 250 kN:iin on mahdollista tietyin edellytyksin. Tutkimusprojekti kesti noin kaksi vuotta, se aloitettiin kesällä 1998 ja lopetettiin vuonna 2000. /15/

Tutkimuksesta on tehty vuonna 2000 väliraportti ”Väliraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista” **A 6/2000**. Väliraportista ja loppuraportista on tehty myös englanninkieliset versiot **A 7/2000** ja **A 6/2001**.

Levomäki, M., Ratarakenteen instrumentoinnin kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 1/1999**.

Levomäki, M., Rautatieliikenteen aiheuttama tärinä, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 3/1999**.

Järvenpää, I., Kolisoja, P., Levomäki, M., Ratarakenteen instrumentointi- ja mallinnus-suunnitelma, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 4 /1999**.

Hakulinen, M., Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa. **A 5/1999**.

Kolisoja, P., Niskanen, P., Mäkelä, E., Levomäki, M., Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 6/1999**. Tämän tutkimuksen pohjalta toivottiin, että asfalttisia rakenteita ja pengerleveyden riittävyyttä tutkittaisiin enemmän /11/. Asfalttisia rakenteita on sittemmin tutkittu yhdessä tärinäongelmakohteessa. Parhaiten asfalttirakenteet soveltunevat esimerkiksi suolla olevan ratapenkereen vahvistamiseen, jolloin niistä saataisiin hyötyjä kunnossapidon kustannuksiin. /63/

Ratapenkereitä on tutkittu tämän tutkimuksen jälkeen selvityksissä **A 5/2000** ja **A 10/2000**. Tutkimusprojektin jälkeen pengerleveyttä on tutkittu selvityksissä **A 8/2004** ja **A 9/2004** sekä parhaillaan meneillään olevassa väitöskirjatutkimuksessa, johon liittyen on tehty mittauksia Kokemäellä sijaitsevalla havaintokohteella ja julkaistu kirjallisuustutkimus **A 5/2006**. Tutkimus jatkuu vuosina 2006 ja 2007 laboratoriotutkimuksilla ja laskennallisilla mallinnuksilla. Uusista tutkimuksista kerrotaan lisää myöhemmin seuraavassa kappaleessa.

Haakana, P., Salokangas, L., Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten. **A 7/1999**.

Heinonen, J., Ratarumpujen maastoselvitys, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 8/1999**.

Heinonen, J., Bantrum, 250 kN och 300 kN axellaster. (Ratarummut, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 2/2000**.

Näiden rumpuselvitysten (A 8/1999 ja A 2/2000) jälkeen on julkaistu ohje ”Rumpujen korjausohje (RUMKO)” (O 1/2006). Erkki Mäkelä on näiden lisäksi tehnyt lisensiaattityön ”Ratarumpututkimus. Instrumentointi ja mittaukset” (A 8/2001).

Lehtomäki, J., Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 3/2000**. Tässä tutkimuksessa toivottiin, että kaluston aiheuttamia kuormia ja kaluston kulkuominaisuuksia suuremmilla akselipainoilla selvitetäisiin lisää /13/. Erityisesti haluttaisiin tietoa pyörä/kisko-kosketuksessa vaikuttavista voimista /15/. Näihin liittyviä tutkimuksia ei kuitenkaan ole tehty.

Nurmikolu, A., Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään. Tampere 2000. **Diplomityö**.

Nurmikolu, A., Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään. **A 4/2000**. Tämän selvityksen tuloksena suositeltiin, että rakeisuuslukunäytteenoton toinen kierros olisi syytä aloittaa ja kohdistaa harkituille rataosuuksille, jotta saataisiin käsitys hienonemisen kehityksestä kumulatiivisen liikennemäärän suhteen. Tutkimuksessa todettiin myös, että olisi hyödyllistä aloittaa rakeisuuden kehityksen seuraaminen yksittäisellä rataosuudella heti elinkaaren alusta eli tukikerroksen rakentamisesta tai puhdistuksesta eteenpäin. /18/

Raidesepelin hienontuneisuutta tarkastelevia toisen kierroksen tutkimuskohteita on ollut mm. Pieksämäki–Kuopio ja Tampere–Jyväskylä-rataosuuksilla, joissa on otettu perusparannustarpeen suunnittelun yhteydessä näytteitä ja tutkittu, onko sepelin vaihto (puhdistus) tarpeen. Sepelinäytteistä on arvioitu vuosien ja liikenteen saatossa, miten hienoneminen kehittyy. Syksyllä 2006 ollaan käynnistämässä myös yksittäisiä raidesepelin hienonemisen pitkäaikaisseurantakohteita, joissa tutkitaan, miten sepeli jauhautuu elementtirakenteisen paalulaatan joustavuuden aiheuttaman liikkeen vaikutuksesta. Myöhemmän hienonemisseurannan mahdollistamiseksi myös oikoradalla todennetaan raidesepelin rakeisuus vastarakennetussa tukikerroksessa. /69/. Mainitut koekohteet on toteutettu maatumakselivytysten yhteydessä, mistä kerrotaan lisää seuraavassa kappaleessa.

Kolisoja, P., Järvenpää, I., Mäkelä, E., Levomäki, M., Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 5/2000**. Kolisoja, P., Järvenpää, I., Mäkelä, E., Instrumentation and Modelling of Track Structure, 250 kN and 300 kN axle loads. **A 10/2000**. Tutkimuksessa ei mittausten ja mallinnustarkastelujen perusteella löydetty yksikäsitteistä ratkaisua pengerveveyksien määrittämiseen eri akselipainoilla. Selvityksessä toivottiin, että Koriolla järjestettäisiin toinen instrumentointimittausjakso sekä rakennettaisiin mallinnusympäristö kuvaamaan ratapenkereen pystysuuntaista jäykkyyttä. /10/. Koriolla ei ole toteutettu toista mittausjaksoa. Instrumentointeja on kuitenkin tehty kahdessa ratarumpukohteessa Erkki Mäkelän lisensiaattityöhön (A 8/2001) liittyen /63/. Instrumentointia käytetään toistaiseksi enimmäkseen tutkimuksissa.

Nurmikolu, A., Kolisoja P., XPS-routaeristelevyt ratarakenteessa, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. **A 2/2001**. Tämän tutkimuksen jälkeen RHK on julkaissut ohjeet ”XPS-

routalevyjen tekniset toimitusehdot” ja ”XPS-routalevyjen teknisissä toimitusehdoissa esitettyjen laatu-vaatimusten valvonta ja laadunvalvontien seuraukset”. Ohjeissa kerrotaan mm. routalevyjen lujuuden ja muiden teknisten ominaisuuksien määrittämiseen käytettävistä testimenetelmistä, ominaisuuksille asetetuista raja-arvoista sekä laadun tarkkailusta /69/.

Harju J., Mustonen J., Valtonen J., Levomäki M., Hartikainen O., Meriläinen J., Raidetutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. A 3/2001. Selvityksessä toivottiin lisätutkimuksia vaihteiden kulumisista ja arvioitiin, että pölkkyjä tulisi suunnitella uudella tavalla /6/. Akselipainon nostoon liittyviä selvityksiä ei ole tehty.

Fröberg, M., Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. A 4/2001. Tutkimuksessa ei pystytty vastaamaan kysymykseen, millä radan vaurioasteella kunnossapitoon kannattaa ryhtyä. /4/. Kunnossapidon tason optimointia on tehty ainakin ”Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa” -selvityksen yhteydessä, mutta tutkimukset ovat vielä kesken.

Kähkönen S., Segercrantz W., Selvitys 25–30 tonnin akselipainon vaikutuksesta radan mitoitusparametreihin ja radan kunnossapitoon Venäjän rautateillä. VTT. Tutkimusraportti 501/1999. Segercrantz W., Kähkönen S., Diagnostinen juna. VTT Yhdyskuntateknikka, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainotyöryhmä, asiantuntijatyö. Tutkimusraportti 571/2000. 19 s.

2.7.2 Uudet selvitykset

RHK:n 250 kN:iin ja 300 kN:iin käyttöönottoon tähtäävän tutkimusprojektin jälkeen on tehty Suomessa seuraavia tutkimuksia. Tässä on yritetty mainita suoraan tai välillisesti juuri akselipainon nostoon liittyviä tutkimuksia ja tutkimustarpeita.

Mäkelä, E., Ratarumpitutkimus. Instrumentointi ja mittaukset. Lisensiaattityö. A 8/2001. Työssä selvisi, että nykyisten vaatimusten mukaisilla betonirummuilla ei pitäisi olla ongelmia korkeammilla akselipainoilla. /63/

Nurmikolu A., Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa. Kirjallisuusselvitys. A 4/2004.

Nurmikolu A. ”Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyyys. Kokeellinen tutkimusosuus.” A 9/2006.

Selvityksessä A 4/2004 esitettiin useita jatkotutkimustarpeita. Monia niistä on toteutettu Antti Nurmikolun Tampereen teknillisessä yliopistossa (2005) tehdyn väitöskirjan yhteydessä (lista alla). Alla olevassa listassa ei ole lueteltu jatkotutkimustarpeita vaan kerrottu, mikä niiden tilanne on, onko niitä toteutettu vai ei. /60/, /63/ ja /69/

- Junakuormitusta simuloiva laboratoriomittakaavainen toistokuormitusjärjestely on rakennettu ja ollut käytössä. Kuormitusjärjestely simuloi liikennekuormituksesta rakennekerrosmateriaaleihin kohdistuvaa rasitusta. Näin on voitu tarkastella mm.

radan rakennekerroksissa käytettävien kiviainesten hienonemiseen vaikuttavia tekijöitä.

- Kokeellinen tarkastelu hienoaineksen määrän ja laadun vaikutuksesta kalliomurskeen routimisherkkyyteen on toteutettu. Tulokset mahdollistavat nimenomaan radan rakennekerroksissa käytettävien kalliomurskeiden routimisherkkyyden ja routimattomuuskriteerin arvioinnin.
- Todellisessa kuormitusympäristössä ollutta raidesepeä ja siihen muodostunutta hienoainesta on analysoitu. Analyysien tuloksena raidesepeän hienonemisprosessissa vaikuttavista tekijöistä merkittävimmät ovat liikennekuormituksen ja tukemisen aiheuttama mekaaninen hienoneminen. Kemiallisen rapautumisen merkitys on yleensä vähäinen.
- Tutkimuksen perusteella määriteltiin kiviainesvaatimukset. Alusrakenteessa käytettävien murskeiden lujuusvaatimukset sidottiin EN-normissa määriteltyihin testimenetelmiin ja raidesepeän sekä alusrakennemurskeen rapautumisherkkyyksivaatimuksia tarkennettiin. Vaatimukset on tarkoitettu sisällyttävä Infra-RYL:iin.

Tutkimusraportissa suositeltiin myös, että sepeän tukemiselle selvitetäisiin vaihtoehtojen kunnossapitomenetelmien, etenkin 'stoneblowing'-menetelmän toimivuutta. Sitä ei ole vielä tehty. Menetelmä on hienovaraisempi kuin Suomessa käytetty tuentamenetelmä, joka hienontaa kiviainesta, löyhentää tukikerrosta ja tekee menetelmästä tehottomamman. 'Stoneblowing'-menetelmä on yleisesti käytössä ainakin Englannissa /69/. /16/. Menetelmän haittana on hienon kiviaineksen lisääntyminen rakenteessa, koska stoneblowing-menetelmällä ei pystytä puhaltamaan ratapölkyn alle riittävän karkearakeista kiviainesta. /70/

Tutkimuksessa todettiin myös, että tukikerrosmateriaalin puhdistusrajan objektiivisia määrittämisperusteita tulisi tarkastella kunnossapitotarpeen, raidegeometrian mittaustietojen, kenttähavaintojen ja raidesepeän laboratoriokokeiden perusteella. Tarkastelulla saataisiin tietää, milloin olisi elinkaaritiloudellisesti järkevintä puhdistaa ja vaihtaa tukikerrosmateriaalia. /16/

Nurmikolu, A., Degradation and Frost Susceptibility of Crushed Rock Aggregates Used in Structural Layers of Railway Track ("Radan rakennekerroksissa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyyys"). Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 567. Tampere 2005.

Tämän väitöskirjan yhteydessä saatiin toteutettua mm. julkaisun "Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa" (A 4/2004) jatkotutkimustarpeita, joita on jo aikaisemmin mainittu. Tutkimuksessa tuli esiin mm. seuraavassa listassa olevia uusia jatkotutkimustarpeita. /17/

- Stoneblowing-menetelmän käyttöedellytyksiä tukemiselle vaihtoehtoisena kunnossapitomenetelmänä Suomessa tulisi edelleen selvittää.
- Joidenkin tarkasteltujen sora- ja hiekkamateriaalien selvän routimisherkkyyden takia eristys- ja välimerroksissa käytettyjen sora- ja hiekkamateriaalien ominaisuuksia ja routimisherkkyyttä tulisi tutkia etenkin routimisongelmista kärsiville rataosuuksille kohdennettuna.
- Raidesepeän taloudellisen puhdistusrajan arvioimiseksi tulisi tarkastella raidegeometrian mittausdataa ja sitä vastaavan raidesepeän ominaisuuksia yhdessä.

- Sepelikiviaineksen laadusta riippumattomien rakenteellisten ja ympäristöön liittyvien tekijöiden vaikutusta raidesepelin hienontumisessa tulisi tutkia. Huomiota tulisi kiinnittää myös orgaanisen aineksen ja siihen sitoutuvan veden vaikutuksiin.
- Sydännäytekairan käyttöä raidesepelin (ja alempien rakennekerrosten) näytteenotto-menetelmänä tulisi edistää. Tutkimusta maatutkauksen käytöstä sepelilaadun arvioinnissa tulisi edelleen jatkaa.

Brecciaroli, F., Kolisoja, P., Stabiliateetiltaan kriittiset ratapenkereet. Esitutkimus. A 8/2004. Samaan aikaan A 9/2004-selvityksen kanssa tehty tutkimus (A 8/2004) koskee ratapenkereen alla olevan pohjamaan aiheuttamia ongelmia /2/. Esiselvityksessä tutkittiin olemassa olevia stabiiliteetiltaan kriittisiksi tiedettyjä penkereitä ja yleisesti sanottuna vertailtiin kunnossapitotietoja tehtyihin stabiiliteettilaskelmiin ja pohja-tutkimustietoihin. Tutkimuksen perusteella todettiin, että pelkkien kunnossapito-tarkastelujen perusteella ei löydetä radan stabiiliteettiongelma-kohtia. Tutkimuksen jälkeen on tehty RHK:n ohje ”Stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet”. /60/, /63/

Brecciaroli, F., Kolisoja, P., Ratapenkereitten leveys ja luiskakaltevuus, esitutkimus. A 9/2004. Tutkimuksessa etsittiin kansainvälisestä kirjallisuudesta mitoituskäytäntöä pengerleveyden valintaan, mutta selkeää menetelmää ei tämän kirjallisuustutkimuksen tai tutkimuksessa tehtyjen laskennallisten mallinnustarkastelujen avulla löydetty. Tutkimuksessa osallistuttiin myös pengerleveyden ja luiskakaltevuuden vaikutusten kenttähavainnointiin ja -mittauksiin tarkoitettujen havaintorataosuuksien valintaan ja suunnitteluun. /1/

Tämän tutkimuksen jälkeen aloitettiin syksyllä 2004 mittaukset Kokemäki–Rauma-rataosuudella sijaitsevalla koekohteella. Koepenkereestä mitataan pitkä- ja lyhytaikaisia muodonmuutoksia eri pengerleveyksillä ja luiskakaltevuuksilla. Tutkimukset ovat kesken. /63/, /60/

Osana samaa tutkimusprojektia Tampereen teknillinen yliopisto on yhdessä Ratahallintokeskuksen kanssa tekemässä laboratoriomittakaavaisia koekuormituksia ja ratapenkereitten laskennallista mallintamista. Molempien osien tavoitteena on tutkia ja analysoida muutosten vaikutuksia ratapenkereen mekaaniseen käyttäytymiseen. Tästä samasta aiheesta on julkaistu kirjallisuusselvitys ”Ratapenkereiden materiaalien muodonmuutuskäyttäytyminen toistuvien kuormien alaisuudessa. Kirjallisuusselvitys.” (A 5/2006), jossa käsitellään eri tekijöiden vaikutusta penkereen käyttäytymiseen. /60/, /63/

Tutkimusprojektin tulosten perusteella tullaan arvioimaan pengerleveyden määrittämiseen käytettävän RAMOn osan 3 ”Radan rakenne” taulukon 3.8:2 (tässä työssä taulukko 8) mahdollinen päivitystarve.

Silvast, M., Nurmikolu, A., Radan päällyys- ja alusrakenteen tutkiminen maatutkalla. Tutkimusraportti. Loppuraportti 22.6.2005.

Tässä raportissa on esitetty maatutkamenetelmän sovelluksia ratarakenteiden tutkimuksessa. Työn tavoitteena oli tutkia ja kehittää maatutka-aineiston mittaus- ja analysointimenetelmiä ratarakenteiden paksuuksien ja laadun tutkimuksessa. Rauta-

teiden rakenteiden toiminnallinen kunto on tärkeää raideliikenteen sujuvuudelle. Akselipainojen ja liikennöintinopeuksien nosto sekä ratarakenteiden korjaussuunnittelu vaativat tarkkoja tutkimuksia nykyisten rakenteiden kunnosta. Ongelmien aiheuttajia ovat pääasiassa huonolaatuinen sepeli ja rakennekerrokset sekä ohuet rakenteet routivalla pohjamaalla. Maatutkaluotausta voidaan käyttää monissa sovelluksissa ratarakenteiden tutkimuksissa. Menetelmällä voidaan selvittää esimerkiksi rata-rakenteiden paksuuksia, sepelin laatua, pohjamaan laatua sekä erilaisia erikoisrakenteita mm. paalulaattoja. Lisäksi maatutka-aineistoa voidaan käyttää integroidusti muiden aineistojen, kuten digitaalivideon, karttatiedon, kairatiedon sekä radantarkastusvaunutiedon kanssa vaurioiden syiden analysoimiseksi. /24/

Työ sisälsi erilaisten maatutkalaitteistojen testausta ja mittausjärjestelmän suunnittelua, ja testimittauksia keinoitekoisella ongelmakohteella Tampereen Viinikan ratapihalla sekä todellisilla kohteilla rataosuudella Tampere–Orivesi. Väliltä analysoitiin otettuja sepelinäytteitä. Saatujen tulosten perusteella kehitettiin laskenta-algoritmi rakenne-materiaalien laadun arvioimiseen maatutka-aineistosta. /24/

Tämän tutkimuksen jälkeen Roadscanners Oy toteutti muiden toimijoiden kanssa toisen koemittauksen vuonna 2005 Pieksämäki–Kuopio-rataosuudella. Tutkimuksen tulokset on esitetty raportissa ”Ratasepeli tutkimus Pieksämäki–Kuopio-rataosuudella/ km 419–459. Loppuraportti 15.12.2005”. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia maatutkalla sepelikerroksen laatua ja paksuutta sekä rakennekerrosten kokonaispaksuutta. /23/

Maatutkamittaus on muuttumassa 3-ulotteiseksi. Sen avulla voidaan saada tietoa rata-rakenteesta jatkuvina pituus- ja poikkileikkauksina. Elokuussa 2006 on käynnistymässä 3-ulotteisen maatutkamittauksen jatkohanke Roadscanners Oy:n ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä. Maatutkauksen mahdollisuuksia sepelin laadun määrittämisen ja tarkan rakenneprofiilin saamisen lisäksi ovat siltojen, paalulaattojen ja routalevyjen tutkaukset sekä putkilinjat. /69/

2.7.3 Uusista tutkimuksista saatuja hyötyjä

Seuraavassa listassa on esitetty uusista tutkimuksista saatuja, erityisesti akselipainon nostoon liittyviä hyötyjä.

- Antti Nurmikolun väitöskirjassa määritetyt uudet päivitettyt kiviainesvaatimukset tulevat RMYTL:n sekä Infrarakentamisen yleisiin laatuvaatimukseen (INFRA-RYL).
- Erkki Mäkelän lisensiaattityöstä saatu tulos, että nykyisten vaatimusten mukaisilla betonirummuilla ei pitäisi olla ongelmia korkeammilla akselipainoilla.
- ”Radan päälly- ja alusrakenteen tutkiminen maatutkalla” -tutkimuksen yhteydessä saatujen tulosten perusteella kehitettiin laskenta-algoritmi rakennemateriaalien laadun arvioimiseen maatutka-aineistosta.
- Eri akselipainoille sopivan pengerleveyden ja luiskakaltevuuden valinnan määrittämiseen käytettävän mitoituskäytännön löytäminen on tällä hetkellä kesken, mutta tutkimukset näyttävät lupaavilta.
- Maatutkauksen kehittäminen on myös tällä hetkellä kesken, mutta tutkimukset vaikuttavat lupaavilta.
- Edellisten kahden kohdan tuloksia tullaan jatkossa toivottavasti soveltamaan kunnossapidon tason optimoimiseen sekä tarvittavien kunnossapitotoimenpiteiden määrittämiseen. /63/

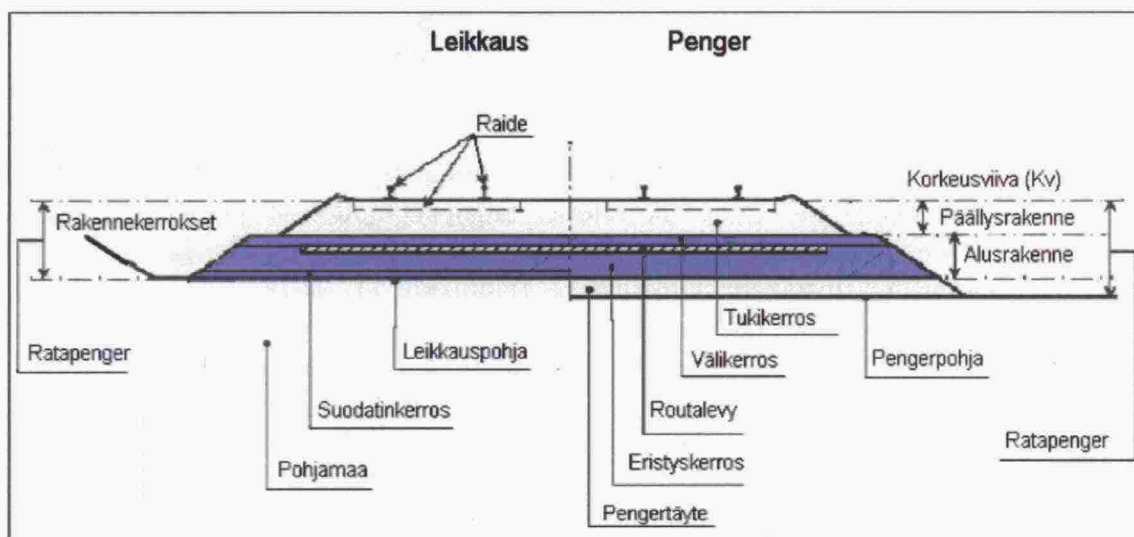
Seuraavaan listaan on koottu vielä joitain vanhojen ja uusien selvitysten yhteydessä ja niiden jälkeen toteutettuja hyödyllisiä kokeita ja tutkimuksia, joista osa on vielä kesken ja osa vasta alkamassa.

- Kunnossapidon tason optimointia eli missä tilanteessa kunnossapitotoimenpiteisiin tulisi ryhtyä, on tehty, mutta tutkimukset ovat vielä kesken.
- Sepelin näytteenottoa on toteutettu sekä sepelin hienonemista ja puhdistustarvetta on tarkasteltu. Uusia koekohteita on myös tiedossa.
- Elokuussa 2006 on käynnistymässä 3-ulotteisen maatutkamittauksen jatkohanke Roadscanners Oy:n ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä.
- Routalevyn puristuslujuuden ja väsymiskokeessa muodostuvan kokoonpuristuman välillä on havaittu suuntaa antava riippuvuus. Sen perusteella akselipainon noston aiheuttama vaurioitumisen lisääntyminen voidaan uusien rataa asennettavien levyjen osalta estää kiristämällä levyn puristuslujuusvaatimus 450 kPa:sta 500 kPa:iin. /19/. Puristuslujuusvaatimukset esitetään routalevyn valmistajille. /69/

3 AKSELIPAINON NOSTON TEKNISET EDELLYTYKSET

3.1 Yleistä

Korotettujen akselipainojen käyttöönottoaminen korostaa tarvetta käsitellä ratarakennetta kokonaisuutena, jossa alus- ja päällysrakenne ovat keskenään tasapainossa. Kunkin kerroksen materiaalien tulisi olla ominaisuuksiltaan, erityisesti lujuudeltaan ja rakeisuudeltaan korotettujen akselipainojen asettamien vaatimusten mukaisia. /11/. Akselipainojen nosto 250 kN:iin tai nopeuden nosto yli 140 km/h edellyttävät, että päällysrakenne on kunnossa ja nykytekniikan mukainen. Ongelmana on päällysrakenteen eri-ikäisyys kuljetusreittien eri osilla /21/. Lisäksi on varmistettava siltojen, rumpujen ja pohjarakenteiden riittävä kunto sekä parannettava sähköistystä ja turvallisuutta. Akselipainon noston on katettava koko kuljetusreitti, jotta kuljetuksissa voidaan hyödyntää parannuksia. /25/. Yhtenäisten 250 kN:n akselipainon sallivien reittien syntyminen vie pitkän ajan, sillä alin akselipaino mitoittaa koko kuljetusreitit akselipainon /21/. Radan rakenne on esitetty yleispiirteisesti kuvassa 4. Radan rakenteesta kerrotaan tarkemmin myöhemmin.



Kuva 4. Radan rakennekerrokset. /86/

Akselipainon korotus vaatii radalta muutakin kuin lujan ja kestäväen rakenteen. Oikeanlainen ja sopiva kalusto 250 kN:n akselipainon kuljetuksille on myös välttämätön. Kaluston telirakennetta on kehitetty siten, että se ei kuormita rataa enempää kuin nykyiset 225 kN:n akselipainon kuljetukset. Jos dynaamiset voimat eivät merkittävästi lisäänty, vaikuttaa se positiivisesti ratarakenteiden kestävyyteen. Jos myös junan kokonaispaino pienenee vaunumäärän vähentyessä, rata rasittuu vähemmän. Akselipainoa korotettaessa tulee myös ajatella sen liikenteellisiä ja ympäristöä koskevia vaikutuksia. Akselipainon nosto parantaa tavaraliikenteen tehokkuutta ja antaa lisämahdollisuuksia muille kuljetuksille ja henkilöliikenteelle, mutta akselipainon nosto kasvattaa myös negatiivisia ympäristövaikutuksia, kuten tärinää.

3.2 Päälysrakenne

3.2.1 Kiskot, pölkyt ja tukikerros

Akselipainojen nosto 250 kN:iin tavoitteena olevilla nopeuksilla (80–100 km/h) on mahdollista päälysrakenteella, jossa on 60E1- tai 54E1-kisko ja jatkuvakiskoraide, betoniratapölkyt linjalla ja betoni- tai kovapuupölkyt vaihteissa sekä vaihteet, joissa on suuri kaarresäde. Radalla on oltava akselinlaskentajärjestelmä tai raidevirtapiirit, jolloin kiskojen liitoskohdissa käytetään liimattuja eristysjatkoksia. Akselipainojen nosto 250 kN:iin on rajoitetusti mahdollista rataosuuksilla, joilla on 54E1-kiskot ja havupuupölkyt. Ongelma rakenteessa on alhainen 50–60 km/h nopeusrajoitus /70/. Akselipainojen nosto 250 kN:iin ei ole ratapihojen ulkopuolella mahdollista, jos rataosuudella on K43-kisko tai kevyempi tai ns. lyhytkiskoraiteet. /6/. Nopeus voi olla tällä rakenteella liian pieni radan nousuissa tarvittavaa liike-energiaa varten. Akselipaino voidaan nostaa monilla ratarakenteilla, mutta silloin junan nopeus on alhaisempi. /70/. Kiskon kiinnitykset tai välilevyt eivät aseta esteitä akselipainojen nostolle. Pienillä kaarresäteillä voi olla huono vaikutus kiskonkiinnitysten eristimiin. /6/. Kevyet rata-kiskot, puuratapölkyt ja ratanaulakiinnitys eivät ole hyvä yhdistelmä raskaammille akselipainoille. Akselipainon vaikutusta lyhyt- ja pitkäkiskoraiteiden sidekisko-jatkoksiin tulisi vielä tutkia. /70/

Jatkuvakiskoraide (Jk-raide) mahdollistaa yli 120 km/h nopeuksien ja yli 225 kN akselipainojen säännöllisen käytön. Uuden Jk-raiteisen radan suunnittelussa ja rakentamisessa on tavoitteena, ettei raiteeseen synny Jk-raiteelle haitallisia painumia. Jk-raiteen on kuuluttava vähintään alusrakenneluokkaan 1 (taulukko 7). Jk-raidetta suositellaan käytettäväksi raiteilla, joissa liikenteen nopeus on suurempi kuin 50 km/h tai kuormitus on erityisen raskasta sekä kaikilla betoniratapölkkysädeiteilla. Tarkemmat määräykset ja ohjeet Jk-raiteen rakentamisesta on esitetty RAMOn osassa 19 ”Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet”. /46/. Jatkuvakiskoraiteilla, säännöllisen henkilöliikenteen rataosuuksilla ja raiteilla, joilla suurin sallittu akselipaino on 250 kN, rata-kiskot tarkastetaan vähintään vuosittain /47/. Vanhat betoni- ja havupuuratapölkyt rajoittavat nopeutta. Olemassa olevilla 250 kN:n akselipainon reiteillä ei ole havaittu betoniratapölkyissä vikoja, joten oletettavasti nykyiset betoniratapölkyt ovat sopivia 250 kN:n akselipainon reiteille sekä käytössä olevalle 250 kN:n akselipainon sallivalle kalustolle. /70/

Betoniratapölkkysädeiteessä raidesepelin jauhautuminen on selvästi suurempaa kuin puuratapölkkysädeiteessä. Jauhautumista lisäävät myös erilaiset radan epäjatkuvuuskohdat, joissa tukikerrokseen kohdistuu dynaamista kuormitusta. /18/. Sepelin käyttöiän määrää sen hienoneminen. Hienonemista aiheuttavat sepelin hankautuminen liikennekuormituksen vaikutuksesta toisiaan ja pölkyjä vastaan, päälysrakenteen tukeminen sekä kiviaineksen rapautuminen. /69/. Sepelin kestoikää pidentävät luja sepeli, pehmeät hakut tukemiskoneessa, riittävä tukikerrospaksuus, runsas huokostila sepelissä, sepelin kuutiomaisuus ja sepelin oikea raekokojakauma. Yhdysvaltalaisen ja ruotsalaisten tutkimusten perusteella akselipainon korottaminen 250 kN:sta 300 kN:iin ja edelleen 350 kN:iin ei lisää merkittävästi sepelin jauhautumista, jos kokonaisliikennemäärä ei kasva ja sepeli on lujaa, kuten Suomessa yleensä on. Jos kuljetettava tavaramäärä pysyy samana, voidaan teoriassa ajatella kokonaisliikennemäärän jopa pienenevän sallitun akselipainon kasvaessa, koska kuljetuksiin tarvittavien vaunujen määrä ja siten niistä syntyvä kokonaiskuorma pienenee. Korkealaatuisen raidesepelin käyttö on edullisempaa

suuria vuotuisia liikennemääriä välittävillä raiteilla kuin vähän liikennöidyillä raiteilla. Rataosalle valittavan raidesepelin lujuusluokka tulisi valita sepelitarjousten elinkaari-kustannusvertailun pohjalta. Näin ei kuitenkaan toimita, vaan RHK hankkii raidesepelin yhdeltä toimittajalta, joka on hinnoitellut sepelin kiinteästi laatuluokittain /70/. Tukikerroksen materiaalien laatuvaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset kansallinen soveltamisohje /51/. Vuoden 2006 alusta on vaadittu raidesepelikiviaineksille standardin SFS-EN 13450 mukainen CE-merkintä /49/. Yleensä esteenä nostolle on päällysrakenteen sijaan kalusto, sillat, alus- tai pohja-rakenne /70/. /18/

Taulukoissa 3 ja 4 on määritelty käytössä oleville raiderakenteille suurimmat sallitut nopeudet ja akselipainot. Taulukossa 3 on esitetty nopeusrajoitukset myös sivuraiteille. Taulukossa 4 ja kuvassa 5 näkyy nykyinen Jtt:n mukainen rataluokkakajako. RHK:n tutkimusprojektissa A 5/2001 tehtiin ehdotus uudesta rataluokkajaosta ja eri akseli-painoille sopivista nopeuksista. Ehdotuksen mukaiset nopeudet voitaisiin ottaa rakenteen puolesta käyttöön. Ei ole kuitenkaan nähty tarpeelliseksi ajaa raskailla tavaravaunuilla yli 120 km/h, joten uuteen Jtt:hen (2006) ei ole tehty RHK:n tutkimus-projektin ehdotuksen mukaisia muutoksia 200 kN:n, 225 kN:n ja 250 kN:n akseli-painojen suurimpiin sallittuihin nopeuksiin. Nopeuksia ei ole nostettu kahdesta syystä; tavaravaunuissa ei ole Jtt:n määräysten mukaisia yli 120 km/h nopeuksien edellyttämiä kiskojarraja eikä nopeiden ja raskaiden tavarajunien vaikutusta tärinään tai heikkojen rakenteiden stabiliteettiin tunneta. /70/. Raskaan kaluston nopeuden nostosta olisi kuitenkin etua tavaraliikenteelle kuin myös henkilöjunaliikenteelle siten, että kuljetuksista tulisi tehokkaampia, markkinat kasvaisivat ja tavarajunat eivät olisi niin suuri hidaste henkilöjunaliikenteelle. Taulukkoja 3 ja 4 voidaan käyttää akselipainon noston suunnittelussa.

Mitoittavana tekijänä vuoden 2001 rataluokkajaon määrittämisessä oli 54E1 ja 60E1 -kiskoja käytettäessä talviaikana jäykän maaperän aiheuttama radan jäykkyys, josta seuraa kiskojen taipumaviivan lyheneminen ja ratapölkkyjen kantavuuden muodostuminen merkittäväksi. Euroopassa ei tietävästi ole tehty mittauksia jäätyneestä radasta. Voitaisiin olettaa, että talviolioissa ratapölkkyjen varmuuskertoimia voitaisiin pienentää, koska työkauden jälkeen raiteen geometrian voidaan olettaa olevan kunnossa. Näin käytettäviä nopeuksia voitaisiin nostaa erityisesti rakenteella, jolla on 54E1 -kiskot ja betoniratapölkkyt. Ruotsalaiset kokemukset puoltaisivat tätä. Routarajoituksiin olisi tehtävä uudet ohjeet. /70/

Taulukko 3. Eri päällysrakenteilla sallitut nopeudet ja akselipainot. /15/, /29/ ja /34/ (taulukot 2.11 ja 5.22)

Rata-kiskot	Ratapolkyt	Kiskopituus	Tukikerros	Akselipaino kN / nopeus km/h		
				250	225	200
60E1	Betoni, tyypit B88, B97, BP89, BP99	Jk-raide	Raidesepeli	100	100	120
54E1	Betoni, tyypit B86, B97, BP89, BP99	Jk-raide	Raidesepeli	80	100	120
54E1	Betoni, tyypit B86, B97, BP89, BP99	Lk- tai Pk-raide	Raidesepeli	30	100	120
54E1	Betoni, tyypit B75, BV75 ja vanhemmat betoniratapölkkyt	Jk-raide	Raidesepeli	60	100	120
54E1	Puuratapölkkyt	Jk-raide	Raidesepeli	60	100	120
54E1	Puuratapölkkyt	Lk- tai Pk-raide	Raidesepeli	30 (50 ¹⁾)	100	120
54E1	Puuratapölkkyt	Lk- tai Pk-raide	Raidesora	20	60	80
K43	Kaikki pölkkyt	Lk- tai Pk-raide	Raidesepeli	20	80	90
K43	Puuratapölkkyt	Lk- tai Pk-raide	Raidesora	10	50	60

Pori-Mäntyluoto rataosuudella 54E1 -kiskoilla ja puuratapölkkyillä on ajettu 50 km/h nopeudella 30 km/h nopeuden sijaan

Taulukko 4. Rataluokat. /15/, /34/ (taulukot 2.11 ja 5.22)

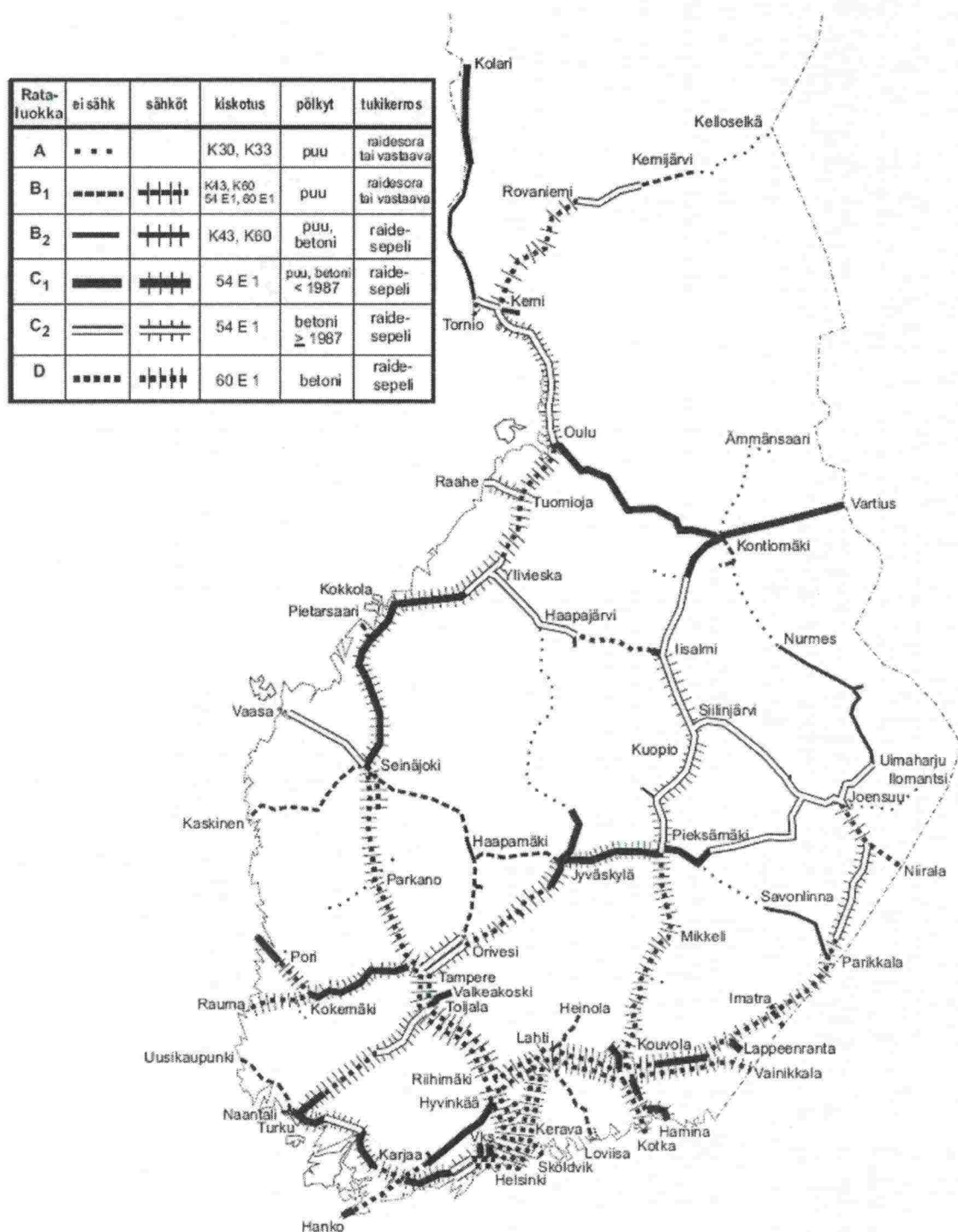
Rataluokka	Ratakiskot	Ratapolkyt	Tukikerros	Nopeus [km/h]	Akselipaino ¹⁾ [kN]	Koskee
A	K30, K33	puu	raidesora tai vastaava	70	160	henkilöjunat
				50	160	tavarajunat
				40	200	tavarajunat
B ₁	K43, K60, 54E1, 60E1	puu	raidesora tai vastaava	100	160	kaikki junat
				60	200 ⁴⁾	tavarajunat
				50	225	tavarajunat
B ₂	K43, K60	puu, betoni	raidesepeli	110	160	kaikki junat
				90	200 ⁴⁾	tavarajunat
				80	225	tavarajunat
C ₁	54E1	puu, betoni ennen 1987 valmistetut	raidesepeli	160 ²⁾	160	henkilöjunat
				180 ³⁾	160	henkilöjunat
				120	200 ⁴⁾	tavarajunat
				100	225	tavarajunat
				60	250	tavarajunat
C ₂	54E1	betoni 1987 tai jälkeen valmistetut	raidesepeli	200	160	henkilöjunat
				120	200 ⁴⁾	tavarajunat
				100	225	tavarajunat
				80	250	tavarajunat
D	60E1	betoni	raidesepeli	220	180	henkilöjunat
				120	200 ⁴⁾	tavarajunat
				100	225	tavarajunat
				100	250	tavarajunat

1) Ei koske vetureita junassa

2) Puuratapölkkyt, yli 120 km/h Jk-raide

3) Betoniratapölkkyt, yli 120 km/h Jk-raide

4) Saapuvassa läntisessä yhdysliikenteessä vaunu saa olla kuormattu 205 kN:n akselipainoon.



Kuva 5. Rataosien rataluokat ja sähköistys. /34/

3.2.2 Vaihteet

Vaihteet tulee mitoittaa staattisille akselipainoille junan nopeuden (V) mukaan seuraavasti /42/:

60E1-vaihteet:

- 300 (+10 %) kN, kun $V \leq 100$ km/h
- 250 (+10 %) kN, kun $100 \text{ km/h} < V \leq 120 \text{ km/h}$
- 220 (+10 %) kN, kun $V > 120 \text{ km/h}$

54E1-vaihteet:

- 250 (+10 %) kN, kun $V \leq 120 \text{ km/h}$
- 220 (+10 %) kN, kun $V > 120 \text{ km/h}$

Seuraavissa taulukoissa on erilaisilla vaihde- ja risteystyypeillä sallittuja nopeuksia suoralla ja poikkeavalla raiteella sekä eri akselipainoilla. Taulukossa 5 on erityisesti 250 kN:lle sallittuja nopeuksia suoralla ja poikkeavalla raiteella. Taulukoita voidaan käyttää akselipainon noston suunnittelussa.

Mielenkiintoista vaihteille asetettuja vaatimuksia ja sallittuja nopeuksia vertailtaessa on, että vaatimusten mukaisia nopeuksia ei sallita. Esimerkiksi YV54-200(N)-1:9-puupölkkyvaihteiden rakenne on säilynyt likimain muuttumattomana 1960-luvulta lähtien verrattuna nykyisin toimitettaviin vaihteisiin. Rakenteen pysyttyä muuttumattomana voidaan tulkita, että vaihteet ovat jo vuosikymmeniä täyttäneet 250 kN akselipainon asettamat vaatimukset. Kuitenkin sallittu nopeus on vain puolet rakenteelta vaaditusta. /70/

Taulukko 5. Vaihteissa sallitut nopeudet 250 kN:n akselipainolla. /15/, /29/

Vaihdetyyppi	Nopeus [km/h]	
	Poikkeava raide	Suora raide
K30-vaihteet	Ei sallittu	Ei sallittu
K43-vaihteet	10	20
YV54-200(N)-1:9, soratukikerros	20	30
YV54-200(N)-1:9, sepelitukikerros, puuvaihdepölkkyt	20	60
YV54-200(N)-1:9, sepelitukikerros, betonivaihdepölkkyt	20	80
YV54-900-1:15,5	60	80
YV54-1600-1:25	80	80
TYV54-200-1:4,44 TYV54-225-1:6,46	20	—
KV54-200(N)-1:9	20	60
KRV54-200-1:9	20	60
RR54-(2x)-1:9	—	60
YV60-300-1:9	35	100
YV60-900-1:15,5 YV60-900-1:18	60	100
YV60-5000/2500-1:26	100	100
YV60-300-1:10	20	20

Nopeudet vaihteiden poikkeavalle raiteelle on määritetty VR Osakeyhtiön käyttämien K17-teliä aiheuttamien vaakavoimien perusteella Ei ole selvitetty, voitaisiinko K17-teliä ratastävällisemmällä telillä tai akselistorakenteella sallia suuremmat nopeudet vaihteiden poikkeavalta raiteella. /70/

Taulukko 6. Suurin sallittu nopeus (km/h) vaihteissa ja raideristeyksissä. /34/ (taul. 5.3-5.34)

	Rataluokka					
	A	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D
Suora raide						
Yksinkertaiset vaihteet, 60 E 1 lyhyet	70	100	110	180	200	200
Yksinkertaiset vaihteet, 60 E 1 pitkät	—	100	110	180	200	220
Yksinkertaiset vaihteet, 54 E 1 pitkät	70	100	110	140	140	140
Yksinkertaiset vaihteet, muut	70	100	110	160	160	160
Kaksoisvaihteet	70	100	110	120	120	120
Risteysvaihteet	35	90	90	90	90	90
Raideristeykset	35 ¹⁾	90 ¹⁾	90 ¹⁾	90 ¹⁾	90 ¹⁾	90 ¹⁾
Poikkeava raide						
Lyhyet vaihteet R = 165 m	20 ¹⁾	20 ¹⁾	20 ¹⁾	20 ¹⁾	20 ¹⁾	20 ¹⁾
Lyhyet vaihteet	35	35	35	35	35	35
Lyhyet vaihteet, kun akselipaino on yli 225 kN	—	10	20	20	20	35
Pitkät vaihteet						
R = 530 m	70	70	70	—	—	—
R = 900 m, akselipaino enintään 225 kN	—	80	80	80	80	80
R = 900 m, akselipaino yli 225 kN	—	—	—	60	60	60
R = 1600 m	—	—	—	110	110	110
R = 2500 m	—	—	—	140	140	140
R = 3000 m	—	—	—	—	—	160
Varmuuslukituksesta riippumaton vaihde						
Suora raide	50	50	50	50	50	50
Poikkeava raide	35	35	35	35	35	35
Aukiajettava vaihde						
	30	30	30	30	30	30

1) Merkitty nopeusmerkein.

Teollisuusraiteiden vaihteet

Teollisuusraiteiden vaihteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä yksityisien raiteiden vaihteita (ei RHK:n hallinnassa). Teollisuusraiteiden vetokalusto voi olla yleisellä rata-verkolla liikennöivää, yrityksen omaa kalustoa tai vaunujen siirto voi tapahtua ilman raiteella liikkuvaa kalustoa. Mitoitusakselipainot määräytyvät yleisellä rataverkolla sallittujen akselipainojen mukaan. Ne tulee sovittaa yhteen teollisuuslaitosten vaatimusten kanssa. Jos teollisuusraide on poikkeuksellisen raskaasti kuormitettu suuren akselipainon vuoksi, on perusteltua käyttää lämpökäsiteltyjä tai erikoisteräksestä valmistettuja ratakiskoja. Niiden vetomurtolujuus ja kulutuskestävyys ovat merkittävästi parempia kuin yleisesti käytössä olevien ratakiskojen. /42/

3.2.3 Rautatieliikennepaikat

Rautatieliikennepaikkojen sivuraiteilla kumulatiivinen kuormitus ja nopeus ovat pienempiä kuin ratalinjalla, joten akselipainon korotus ei vaadi kaikkia samoja toimenpiteitä kuin ratalinjalla /70/. Rautatieliikennepaikan mitoittamisessa akselipainotavoite on 250 kN, ellei suunnitteluperusteissa tai raidekohtaisissa vaatimuksissa toisin esitetä. Liikennepaikan liikenneteknisessä mitoittamisessa on arvioitava seuraavan 20 vuoden kehitys. Mitoituksessa on otettava huomioon raiteiden määrä, hyötypituus ja käyttötarkoitus, laitureiden tarve ja sijainti, liikennöinnin vaatimat raide- ja vaihdeyhteudet, tavoite- ja mitoitusnopeus, akselipainotavoite sekä raiteiden sähköistystarve. /43/

Rautatieliikennepaikan raiteiston tehokas muoto vaihtelee raiteiden käyttötarkoituksen, liikennöinnin kapasiteettivaatimusten ja maankäytöllisten mahdollisuuksien mukaan. Liikenteenohjausraiteen tehtävänä on mahdollistaa joustava liikennöinti, johon vaikuttavat olennaisesti liikennepaikkojen keskinäinen etäisyys ja tasavälisyys. Liikenteenohjausraiteen on täytettävä suunniteltavalla reitillä tavoitteena olevat akselipaino- ja kuormakaaviovaatimukset suunnitteluperusteissa määrätyllä nopeudella. Raiteenvaihtopaikkoja käytetään kaksi- tai useampiraiteisilla radoilla lisäämään radan kapasiteettia. Niiden tarkoitus on lisätä liikennöinnin sujuvuutta. Raiteenvaihtopaikan on täytettävä akselipaino- ja kuormakaaviovaatimukset vaihteiden suorilla raiteilla kuten ympäröivillä raiteilla ja vaihteiden poikkeavilla raiteilla vaihteiden sallimalla nopeudella. /43/

Tavaraliikenneraide on suunniteltava ja rakennettava siten, että se ei rajoita siihen liittyvien raiteiden suurinta nopeutta. Valinta lyhyiden ja pitkien vaihteiden välillä on tehtävä liikennepaikkakohtaisesti. Perusteena valinnalle on oltava liikenteen kapasiteettivaatimus. Tavaraliikenneraiteen suunnittelussa käytettävä nopeusvaatimus on määrättävä suunnitteluperusteissa. Uudet raiteet on mitoittava vähintään 250 kN:n akselipainolle. Uuden rakenteen suunnittelussa käytetään kuormakaaviota LM71-35. Muutettavan rakenteen suunnittelussa käytetään kuormakaaviota LM71-25. On suositeltavaa käyttää YV60-vaihdetta, jos liikennöinnissä käytettävä akselipaino on yli 225 kN. /43/

Epäsuhta päällysrakenteen kantavuuden ja rakenteiden kantavuuden välillä selittyy rakenteiden raidetta huomattavasti pidemmällä käyttöikävaatimuksella. Toisaalta, rata-pölkkyjä ei toistaiseksi ole suunniteltu yli 250 kN:n akselipainoille. 60E1-ratakiskot kestäisivät helposti 250 kN akselipainoa suuremmankin kuormituksen. /70/

Liikennepaikan raiteen päällysrakenteessa on käytettävä 54E1- tai 60E1-kiskoja, jos uudella tai muutettavalla sivuraiteella liikennöi yli 200 kN akselipainolla liikkuvaa kalustoa tai vaarallisia aineita. Muulloin voidaan käyttää K43-ratakiskoja. On suositeltavaa käyttää 60E1-kiskoja raiteella, jonka liikennöinti on vilkasta tai jolla liikkuvan kaluston akselipaino on säännöllisesti yli 225 kN. Ratakisko ja käytettävä kiskopituus on määrättävä kohteen rakentamissuunnittelun suunnitteluperusteissa. Uusi tai muutettava raide on rakennettava käyttäen sepelitukikerrosta RAMOn osan 11 ”Radan päällysrakenne” mukaisesti. Uudella ja muutettavalla raiteella ei saa käyttää ratanaula- tai jousinaulakiskonkiinnitystä. Tavaravaunuja varten oleva huoltoraide on mitoittettava vähintään 250 kN akselipainolle. /43/

Rautatieliikennepaikoilla, joilla on eri raiteilla eri vaihdetyyppejä, on havaittu JKV:n aiheuttamia ongelmia sallituissa nopeuksissa. Jos ratapihalla esimerkiksi joillain raiteilla on YV54-200N-1:9-vaihe, se aiheuttaa poikkeavalle raiteelle liikennöitäessä 20 km/h nopeuden, ja jos joillain raiteilla on YV60-300-1:9-vaihe ja 35 km/h nopeus poikkeavalle raiteelle, niin JKV:n takia nopeus on kaikilla yli 225 kN akselipainon sallivilla junilla ratapihan poikkeavalle raiteella alin sallittu eli 20 km/h. Tämä ongelma-kohta vie rautatieliikennepaikan ratakapasiteettia. /70/

3.3 Radan päällysrakenteen mitoitusperusteet

Raiteen mitoituksessa merkittävin tekijä on kiskon jalkaan kohdistuvat jännitykset. Mitoituksessa on otettava huomioon myös kiskosta ratapölkkyyn kohdistuva kuormitus. Mitoituksessa määrääviä tekijöitä edellisiin liittyen ovat liikkuvan kaluston nopeus, akselipaino ja metripaino. Eri rataluokille sallitut nopeudet ja akselipainot on esitetty taulukossa 4. Tukikerroksen mitat määräytyvät sallitun nopeuden, kiskonpituuden sekä tukikerrosmateriaalin ja ratapölkkytyypin perusteella. Tukikerroksen mitoitusperusteet ja tukikerroksen normaalipoikkileikkaukset on esitetty RAMOn osassa 11 "Radan päällysrakenne". /46/. Tukikerroksen mitoittamiseen vaikuttavat liikenteen aiheuttamat värähtelyt (nopeus) ja vaakavoimat, kiskopituus lämpövoimien hallitsemisen kautta ja käytettävän tukikerrosmateriaalin ominaisuudet. /70/

Raiteet on suunniteltava, rakennettava ja pidettävä kunnossa siten, että raide kantaa sille tulevan liikennekuorman eikä raiteen vakavuus vaarannu. Rakennettavat raiteet on mitoittettava siten, että Jtt:n sekä taulukkojen 3 ja 4 sallittuja nopeuksia ja staattisia akselipainoja voidaan käyttää lukuun ottamatta radan geometriasta johtuvia rajoituksia. Raiteiden tulee kestää junaliikenteestä syntyvät vaakasuuntaiset voimat $\Sigma Y_{(2m)}$ [kN], joiden suuruus voidaan laskea kaavalla 1. /46/. Kaavalla 1 ja 250 kN:n akselipainolla saadaan vaakasuuntaisten voimien ($\Sigma Y_{(2m)}$) arvoksi noin 102 kN.

$$\Sigma Y_{(2m)} = 10 + \frac{1,1 \cdot P_0}{3} \quad (1)$$

missä P_0 on Jtt:n mukainen kullekin rataluokalle sallittu akselipaino [kN].

Radan kallistuksen avulla tasapainottamatta jäävästä keskipakoisvoimasta, tuulikuormasta sekä junasta raiteeseen kohdistuvista sysäyksistä aiheutuvan radan poikittaissuuntaisen kuorman oletetaan olevan enintään nk. Prudhommen kaavan mukainen. Prudhommen kaavan mukaan radan poikittaissuuntaiset voimat ovat enintään kaavan 2 mukaiset. /46/. Kaavasta 2 saadaan 250 kN akselipainon sallivilla tavaravaunuilla suurimmaksi mahdolliseksi arvoksi noin 79 kN.

$$\Sigma Y_{(2m)} \leq \alpha \cdot \left(10 + \frac{P_0}{3}\right) = Y \quad (2)$$

missä

$\Sigma Y_{(2m)}$ on suurin poikittaissuuntainen voima, joka kohdistuu raiteeseen kahden metrin matkalla [kN]

P_0 on akselipaino [kN]

$\alpha=1$ vetokalustolle ja henkilövaunuille

$\alpha=0,85$ tavaravaunuille

Päällysrakenteen mitoitukseen vaikuttavat voimat näkyvät luvun 3.6 kuvassa 9. Radan kallistuksen avulla tasapainottamatta jäävästä keskipakoisvoimasta, tuulikuormasta sekä junasta raiteeseen kohdistuvista sysäyksistä aiheutuvan radan poikittaissuuntaisen kuorman laskemisessa käytettävän kaavan 2 muodostumiseen vaikuttavat mm. päällysrakenteessa olevat voimat (kaavat 3-5, joissa g on painovoiman kiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$). Kaavalla 3 saatu voima kuvaa pölkyn alapinnassa olevaa voimaa, kaavalla 4 saatu voima kuvaa pölkyn päädyssä olevaa tukikerrossepelin sisällä olevaa voimaa ja kaavalla 5 saatu voima kuvaa pölkyn sivussa ja päädyssä olevaa voimaa (kuva 6). Tukikerroksen antaman sivuttaisvastuksen riittävyys raiteen pitämiseksi paikoillaan on selvitettävä vaakasuuntaisten voimien mahdollisesti kasvaessa $/15/$. Raide ei saa lähteä luistamaan. /70/

$$F_1 = \mu_1 \cdot m_1 \cdot g \quad (3)$$

missä

μ_1 = pölkyn alapinnan ja sepelin välinen kitka

m_1 = pölkyn, kiskon ja pyörän massa

$$F_2 = \mu_2 \cdot m_2 \cdot g \quad (4)$$

missä

μ_2 = kivien välinen kitka

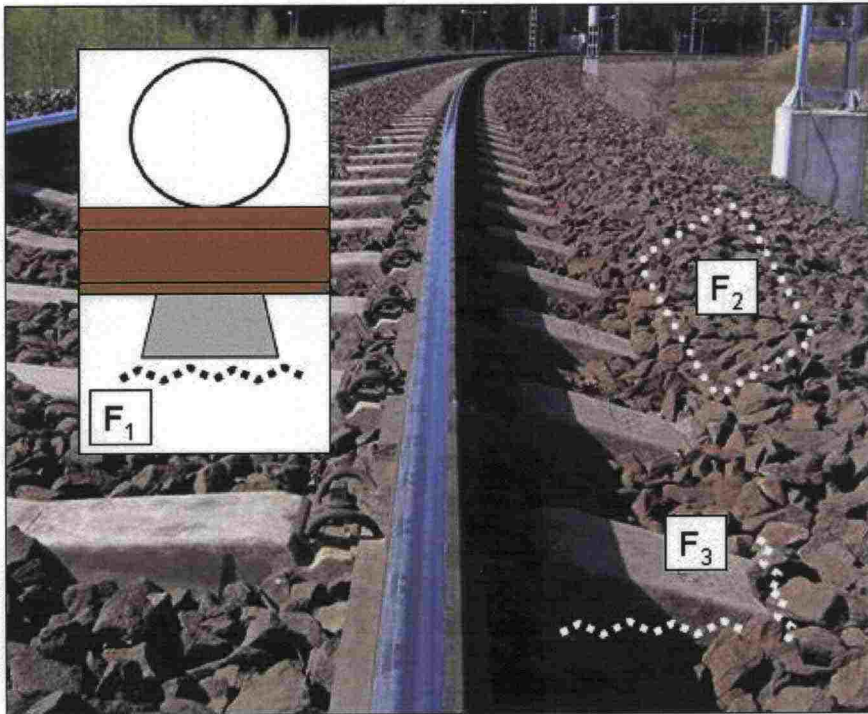
m_2 = sepelin massa

$$F_3 = \mu_3 \cdot m_3 \cdot g \quad (5)$$

missä

μ_3 = pölkyn sivun ja sepelin välinen kitka

m_3 = sepelin massa



Kuva 6. Havainnekuva radassa olevista voimista.

3.4 Ratalaitteet

Akselipainon nosto vaikuttaa turvalaitteissa sivuraiteiden ja vaihteiden poikkeavien raiteiden nopeusrajoituksiin. Nopeusrajoitukset yli 225 kN:n vaunuille on ohjelmoitava kulunvalvontajärjestelmään eli JKV:hen. /70/. Sivuraiteita koskeva nopeus- ja kulku-rajoitusluettelo on luotava ennen 250 kN:n akselipainon nostoa /15/.

Kokemuksia vaunuvaaoista

Raiteessa, jossa on vaaka, on käytettävä vähintään 54E1-ratakiskoja vähintään 40 m matkalla vaa'an molemmin puolin. Pääraiteelle saa vaa'an sijoittaa vain, jos se ei rajoita pääraiteen nopeutta eikä käytettävää akselipainoa. /43/

Uusilla sillattomilla vaa'oilla pystytään yleensä mittaamaan yli 300 kN:n akselipainoja. Vanhat vaakasillalliset vaa'at on yleensä mitoitettu niukemmin. Vaa'at on aina selvitettävä tapauskohtaisesti. /70/

Jämsänkoski–Rauma-suunnitelmassa VR Cargolta saadun tiedon mukaan ainakin Jämsässä ja Raumalla käytössä olevat vaunuvaat mahdolistavat 250 kN akselipainoisten vaunujen punnituksen ja yliajon nopeudella 35 km/h. Vaa'at ovat tyyppiä Pivotex Trapper. /30/

Elijärvi–Röyttä-yleissuunnitelmassa selvisi, että Röytässä sijaitsee AvestaPolarit Oy:n vaunuvaaka. Vaa'an toimittaneelta Pivotex Oy:ltä saadun lausunnon mukaan vaaka ei täytä RAMOssa asetettuja kantavuusvaatimuksia 250 kN:n akselipainolla. Pivotex Oy:ltä saadun arvion mukaan uuden Trapper-telivaa'an kustannusarvio on noin 0,1 M€. Vaa'an vaihto tai käyttö ei olisi ollut edellytys 250 kN:n akselipainon liikenteelle. /29/

3.5 Alusrakenne

3.5.1 Välikerros ja eristyskerros

Radan alusrakenteen samoin kuin mahdollisten vahvistus- ja pohjarakenteiden käyttöikävaatimus on 100 vuotta. Routalevyjen käyttöikävaatimus on 40 vuotta. Alusrakenneluokan määrää joko henkilöliikenne tai tavaraliikenne sen mukaan kumman vaatimustaso on korkeampi (taulukko 7). Välikerroksen materiaali vaatimukset sekä eristyskerroksessa ja suodatinkerroksessa käytettävät materiaalit on esitetty julkaisussa Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL, osa 5). /41/. Routalevyjen laatuvaatimukset on esitetty RHK:n julkaisemissa XPS-routalevyjen teknisissä toimitusehdoissa. /54/

Taulukko 7. Alusrakenneluokat. /41/

Alusrakenneluokka	Henkilöliikenteen suurin sallittu nopeus, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 225 kN akselipainolla, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 250 kN akselipainolla, V [km/h]
0	≤ 50	≤ 40	≤ 30
1	≤ 120	≤ 100	≤ 60
2	≤ 200	≤ 100	≤ 80
3	≤ 250	≤ 120	≤ 100
4	> 250	> 120	> 100

Akselipainon noston vaikutus alusrakennekerrokseen on merkittävin välikerroksessa ja eristyskerroksen yläosassa. Rakeisuusjakautumaltaan hyvin tasarakeisten, kuormituskestävyydeltään heikkojen sekä rapautumisalttiiden kiviainesten käyttöä eristyskerroksen yläosassa tulee niin ikään välttää. /11/

3.5.2 Pengerleveys

Radan pengerleveyden valinta riippuu raiteiden lukumäärästä, alusrakenneluokasta, radan geometriasta, tukikerroksen leveydestä, raidevälistä, mitoitusnopeudesta ja akselipainosta. Pengerleveyden tulee olla taulukon 8 mukainen. /41/. Pengerleveyden määrittämiseen käytettävään taulukkoon tulee luultavasti päivityksiä uusimpien tutkimusten valmistuttua. /60/, /63/

Taulukko 8. Pengerleveyden minimimitat raiteiden lukumäärän, radan alusrakenneluokan, raidevälin, akselipainon ja mitoitusnopeuden perusteella. /41/

Raiteiden lukumäärä ¹⁾	Radan alusrakenneluokka	Pengerleveys		Raideväli [m]	Henkilöliikenteen suurin sallittu nopeus, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 225 kN akselipainolla, V [km/h]	Tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 250 kN akselipainolla, V [km/h]
		Suoralla	Kaarteissa				
1	0	5,4	5,4	-	≤ 50	< 40	≤ 30
1	1	5,4	5,4	-	≤ 120	≤ 80	≤ 50
1	1	6	6,0	-	≤ 140	≤ 100	≤ 60
1	2	6	6,8 ²⁾	-	≤ 200	≤ 100	≤ 80
1	3	6,8	7,2 ³⁾	-	≤ 250	≤ 120	≤ 100
2	1	9,5	9,5	4,1	≤ 120	≤ 80	≤ 50
2	2	10,3	11,1 ⁴⁾	4,3	≤ 200	≤ 100	≤ 80
2	3	11,3	11,7 ⁵⁾	4,5	≤ 250	≤ 120	≤ 100
2	4	12,5	12,5	4,7	> 250	> 120	> 100

1) Kolme- ja useampiraiteisen radan poikkileikkaukset muodostetaan yksi- ja kaksiraiteisen radan normaalipoikkileikkauksista.

2) Pengerleveyttä 6,8 m käytetään ainoastaan kaarteissa, jolloin pengerlevitys tehdään kokonaisuudessaan ulkokaarten puolelle. Pengerleveys 6,0 m on kaarteessakin riittävä silloin, kun radan rakenne rajoittuu kiinteään esteeseen (laiturit, kallioleikkaukset, sillat ja tunnelit).

3) Pengerleveyttä 6,8 m käytetään suoralla radalla ja 7,2 m pengerleveyttä kaarteissa, jolloin 0,4 m epäsymmetrinen pengerlevitys tehdään ulkokaarten puolelle.

4) Pengerleveyttä 11,1 m käytetään ainoastaan kaarteissa, jolloin pengerlevitys tehdään kokonaisuudessaan ulkokaarten puolelle. Pengerleveys 10,3 m on kaarteessakin riittävä silloin, kun radan rakenne rajoittuu kiinteään esteeseen (laiturit, kallioleikkaukset, sillat ja tunnelit).

5) Pengerleveyttä 11,3 m käytetään suoralla radalla ja 11,7 m pengerleveyttä kaarteissa, jolloin 0,4 m epäsymmetrinen pengerlevitys tehdään ulkokaarten puolelle.

Pengerleveyttä on lähivuosina tutkittu Ratahallintokeskuksen ja Tampereen teknillisen yliopiston muutamissa tutkimusprojekteissa. Ilmaston ankaruuden takia kaikilla korkealuokkaisilla radoilla Suomessa käytettävät radan rakennekerrospaksuudet ovat huomattavan suuria moniin muihin, leudommilla alueilla sijaitseviin maihin verrattuina.

Toisaalta ratapenkereet on kustannusten säästämiseksi jouduttu jättämään melko kapeiksi ja jyrkkäluiskaisiksi. Ratapenkereiden optimaalisella leveydellä ja luiskakaltevuudella on suuri taloudellinen merkitys, koska penkereiden leventäminen ja/tai pengerluiskien loiventaminen edellyttäisi huomattavan suuria taloudellisia investointeja. Erityisen suuri merkitys ratapenkereen leveyteen ja muotoon liittyvillä valinnoilla on rataosilla, joiden sallittuja akselikuormia tai junanopeuksia ollaan nostamassa, koska junakuorman kasvun voidaan joka tapauksessa otaksua vaikuttavan ratapenkereen deformatiivisuudesta kiihdyttävästi. /1/

Selkeitä mitoituskäytäntöjä käytettävän pengerleveyden valintaan ei ole vielä löydetty. Keskeisimpiä syitä tähän oletettavasti on, että ratarakenteiden dimensiot ovat enemmänkin paikallisten olosuhteiden, käytäntöjen ja kokemuseräisten havaintojen tuloksina syntyneitä eivätkä niinkään laskennallisten mitoitustarkastelujen perusteella määräytyneitä. Tutkimuksen mukaan vaikuttaa myös siltä, että Euroopan maiden ratojen pengerleveydet ovat paljolti kunkin maan rautatieliikennehistorian määrittämiä, mikä tarkoittaa myös sitä, ettei tarvittavaa leveyttä ole varta vasten tieteellisin tutkimuksin määritelty. /1/

3.5.3 Routamitoitus

Pohjoismaisia olosuhteita vastaava routamitoitus takaa riittävän alusrakennekerrosten paksuuden kaikkia ajateltavissa olevia akselipainoja varten /11/. Ratarakenteen routamitoitus ja sen taustat on esitetty RHK:n julkaisussa A 1/2002 "Ratarakenteen routasuojaus".

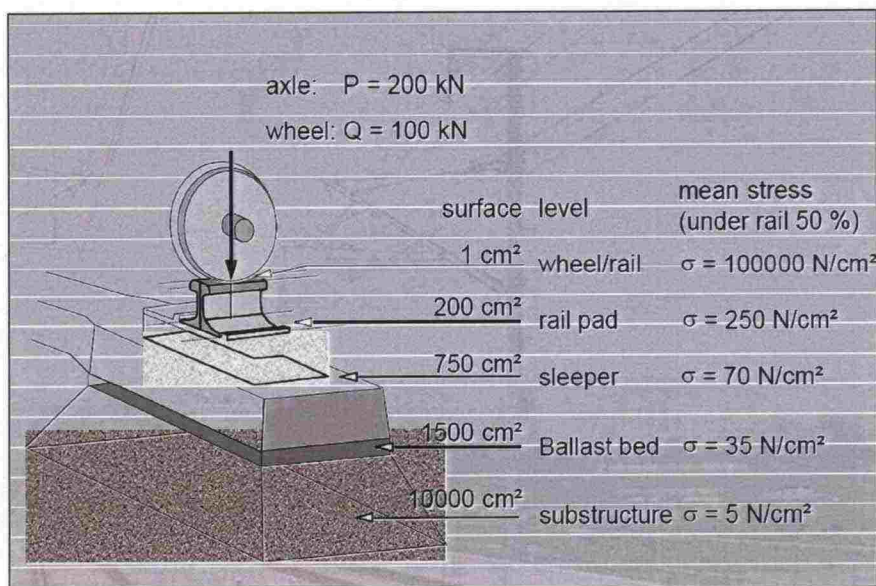
Akselipainon mahdollisen korottamisen myötä aiheutuvasta routalevyn vaurioitumisen lisäyksestä on luotu laskentamalli uusille XPS-routalevyille tehtyjen puristuskokeiden ja routalevyihin ratarakenteessa kohdistuvaa syklistä rasitusta simuloivien väsymiskokeiden tulosten pohjalta. Laskentamallin perusteella akselipainon korottamisesta 225 kN:sta 250 kN:iin aiheutuva routalevyn vaurioitumisen lisäys on 22–35 %, kun levyyn kohdistuva kumulatiivinen kuormitus ei kasva. Vaurioitumisen lisäyksen määrä vaihtelee esimerkiksi puutteellisen asennussyvyyden ja dynaamisen kuormituksen mukaan. Levyn puristuslujuuden ja väsymiskokeessa muodostuvan kokoonpuristuman välillä on havaittu suuntaa antava riippuvuus. Sen perusteella akselipainon noston aiheuttama vaurioitumisen lisääntyminen voidaan uusien rataa asennettavien levyjen osalta estää kiristämällä levyn puristuslujuusvaatimus 450 kPa:sta 500 kPa:iin. /19/. Puristuslujuusvaatimukset on esitetty RHK:n julkaisemassa XPS-routalevyjen teknisissä toimitusehdoissa /54/.

Radan routaeristeenä on 1980-luvulla käytetty EPS-routalevyjä. Kyseisten EPS-levyn on todettu imevän voimakkaasti vettä ja olevan huono eriste. Ongelmaksi saattaa koitua myös levyjen alhaisen jäykkyyden myötä mahdollistuva suuri kimmoinen jousto junakuorman alaisena. EPS-levyt on otettava huomioon olemassa olevilla radoilla akselipainon nostoa suunniteltaessa, esimerkiksi Tampere–Orivesi-väliltä on poistettu vanhat EPS-levyt ennen perusparannusta. Rakenteessa tapahtunutta EPS-routalevyjen vettyneisyyttä ja lämmöneristyskykyä samoin kuin kokoonpuristuvuutta on tutkittu laboratoriossa. /69/

3.6 Kalustosta rataan kohdistuvat kuormat

Junaan kohdistuu staattinen kuormitus vain silloin kun se seisoo paikallaan. Junan kulkiessa kiskoilla siihen vaikuttavat kvasistaattiset ja dynaamiset kuormat. /13/. Tässä työssä käsitellään akselipainon noston kannalta keskeisimpiä kaluston aiheuttamia rataan kohdistuvia voimia ja niistä enimmäkseen dynaamisia pystysuuntaisia kuormia.

Kalusto aiheuttaa kiskon kautta rataan staattisia, kvasistaattisia ja dynaamisia voimia. Juna aiheuttaa sekä pysty- että vaakasuuntaisia dynaamisia voimia, jotka kaikki välittyvät rataan noin neliösenttimetrin kokoisten kosketuspinta-alojen kautta (kuva 7). Kosketuspinta-ala suurenee alaspäin mentäessä pyörästä kiskoon, kiskosta aluslevyyn, aluslevystä pölkkyyn, pölkystä tukikerrokseen ja tukikerroksesta alusrakenteeseen. /13/



Kuva 7. Kiskon ja pyörän kosketus (mean stress = jännityksen keskiarvo). /20/, alkuperäinen lähde /3/

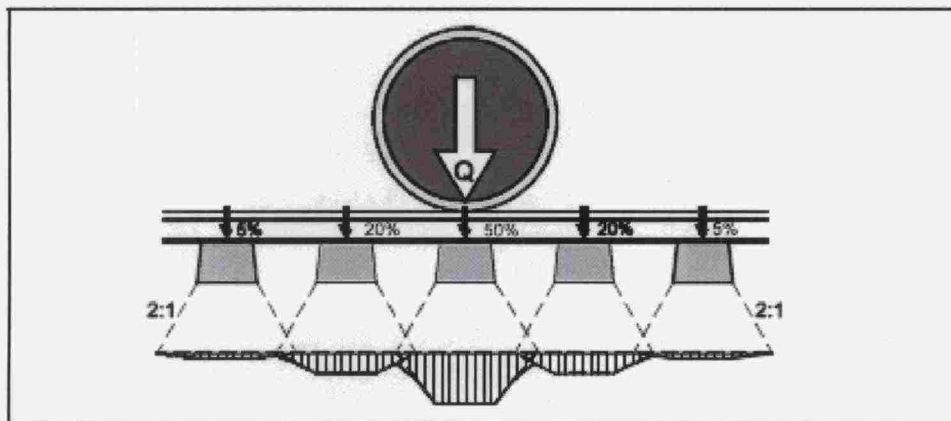
Staattinen pystysuuntainen pyöräkuorma (Q_0) on paikallaan olevan junan aiheuttama kuorma, joka on teoreettisesti puolet akselipainosta. Esimerkiksi 250 kN:n akselipainolla staattinen pyöräkuorma on 125 kN. Kaarteessa ulkokiskoon kohdistuu mm. kvasistaattisia voimia (Q_{qst} , Y_{qst}), jotka aiheutuvat radan geometriasta eli laskettavissa olevista vaaka- ja pystysuuntaisista kiihtyvyyksistä. Kvasistaattisiin voimiin vaikuttavat mm. nopeus, vaunun jousitus, epäkeskeinen kuormaus ja raiteen kierous. Kvasistaattinen voima yleensä arvioidaan. /70/. Ainoastaan kvasistaattisia voimia esiintyy siinä tapauksessa, kun juna kulkee tasaisella nopeudella ideaaliraiteella, jonka kaarresäde, raiteen kallistus ja kitka ovat vakioita. Todellinen tilanne poikkeaa aina kvasistaattisesta, koska raide ja junakalusto poikkeavat aina ihanteellisesta. /13/. Dynaaminen pystysuuntainen pyöräkuorma (Q) aiheutuu pyörän pystysuuntaisesta liikkeestä, johon vaikuttavat monet asiat /70/. Pystysuuntaiseen dynaamiseen kuormaan vaikuttavat asiat on esitetty alla olevassa listassa. /13/, /69/, /70/

- Raiteen kunto, kuten
 - kiskonviat ja raiteen geometria
 - yksittäiset kiskon epäjatkuvuuskohdat, kuten esim. hitsausjatkokset

- jaksolliset epäsäännöllisyydet kuten kiskon kulkupinnan aaltoilu ja ratapölkkyt (rata hiukan jäykempi pölkyn kohdalla)
- satunnaiset vaihtelut radan pituussuunnassa (pinnan korkeuden vaihtelut; painumat) ja radan alusrakenteen pituussuuntaisessa jäykkyydessä
- Sillat, rummut ja kerrospaksuuksien vaihtumiskohdat (epäjatkuvuuskohtia)
- Nopeus
- Vaunun kunto, kuten pyöräviat; pyörän epäkeskeisyys ja lovipyörät
- Vaunun rakenne ja ominaisuudet, kuten telirakenteet, jousitus ja jousittamattomat massat

Pyörä-kisko-kosketuskuormalla on kaksi dynaamista päätyyppiä: matalataajuinen kuormitus, joka johtuu kosketuspisteen siirtymisestä eteenpäin junan nopeudella, ja korkeataajuinen kuormitus, joka johtuu kiskon ja pyörän epäsäännöllisyyksistä, joista merkittävin on pyörässä oleva lovi. Nämä erityyppiset kuormitukset vaikuttavat rataan eri tavoilla. Lovipyörien kuormitus kiskoon poikkeaa muista dynaamisista kuormituksista siten, että sen vaikutus kohdistuu satunnaiseen kohtaan kiskossa, kun tavallisesti dynaaminen kuorma on sidottu kiskossa esiintyvään epäsäännöllisyyskohtaan. Lovipyörille on asetettu rajoituksia niiden aiheuttamien kisko-, kalusto- ja kuormavaurioiden vuoksi. /13/

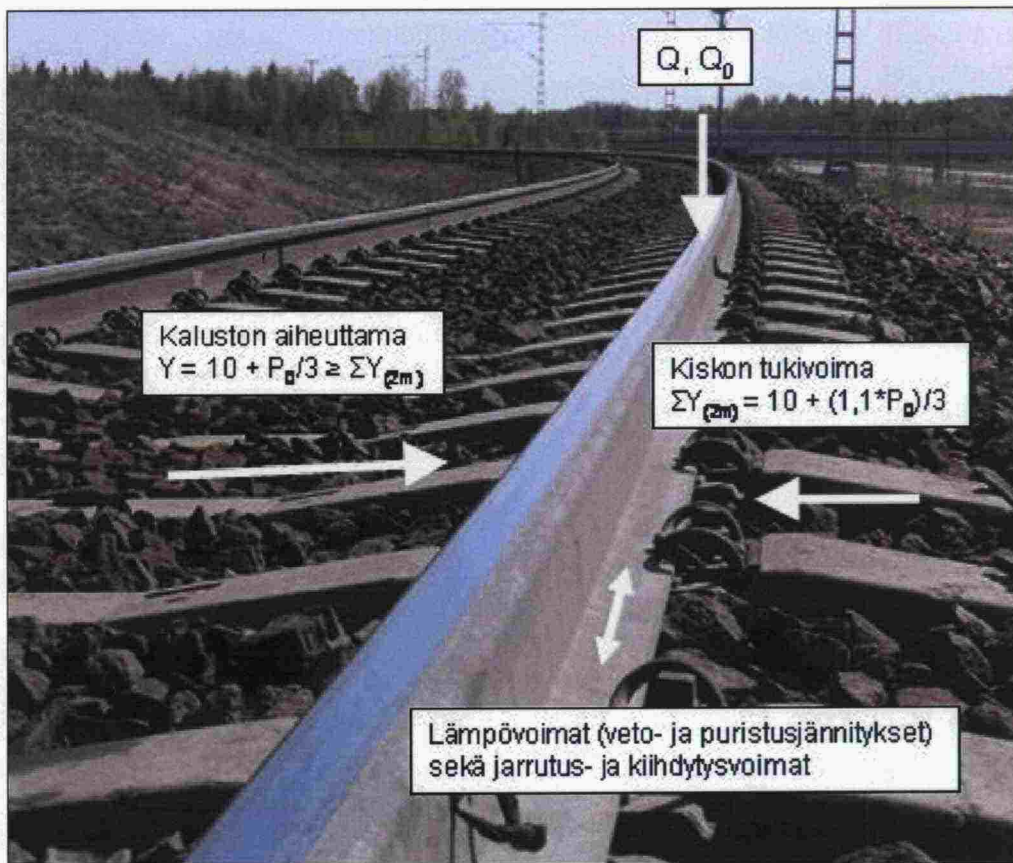
Kaluston ja radan väliseen vuorovaikutukseen vaikuttavat aikaisemmin mainittujen lisäksi myös vaunun pituus ja telikeskiöväli. Telikeskiövälistä ei ole vielä varmaa tutkimustietoa, mutta kokeilut näyttävät, että pidempi telikeskiöväli olisi parempi; jolloin juna kulki tasaisemmin. Jos telikeskiöväli ei ole sopiva, vaunut, raide ja jarrut kuluvat ja rasittuvat enemmän. Myös vaunujen kytkimiä ja jarruja kehitetään. Ne eivät ole akselipainon noston esteinä, mutta tarvitsevat kehitystä. /71/. Pystysuoran juna-kuorman (Q) jakautuminen ratapölkkyjen kautta tukikerrokseen/ratapenkereeseen otaksutaan seuraavan kuvan mukaiseksi (kuva 8). /41/



Kuva 8. Pystysuorien kuormien jakaantuminen. /41/

Suurempien akselipainojen salliminen edellyttää uutta kalustoa. Kalustoa tyyppi- hyväksyttäessä tarkastetaan, etteivät sen aiheuttamat staattiset, kvasistaattiset ja dynaamiset kuormat ylitä sallittuja. Silloin määritetään myös suurimmat sallitut nopeudet /13/. Hyväksyttäessä kalustoa sen dynaamiset kuormat eivät saa ylittää taulukon 9 raja-arvoja. Suurin sallittu dynaaminen pyöräkuorma (Q) on 200 kN. Jokaisessa tapauksessa pyöräkuorman käytettävä raja-arvo riippuu kuitenkin päälly-

rakenteesta. /46/. Pienisäteisissä kaarteissa suurin sallittu kvasistaattinen pyöräkuorma Q_{qst} on 145 kN ja kvasistaattinen poikittaiskuorma Y_{qst} on 60 kN. /37/. Käytön alussa kalusto on hyvässä kunnossa, joten kaluston todellisia käytössä syntyviä rataa kohdistuvia kuormia on hyvin vaikea arvioida. Dynaamisia pyöräkuormia, jotka aiheutuvat 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainoista, ei voida aivan tarkasti tietää. Kirjallisuudesta ei löydy käyttötilanteen pystyvoiman (Q) raja-arvoja. /70/. Rakenteiden mitoituksessa käytetään staattisen pyöräkuorman ja sysäyskertoimen avulla laskettua pystysuuntaista dynaamisen pyöräkuorman arvoa /41/. Dynaamisen pyöräkuorman arvo voidaan laskea eri menetelmillä. Yhdessä menetelmässä sysäyskertoimen suuruuteen vaikuttavat radan kunnossapitotaso ja nopeus. Näitä menetelmiä on kuvattu Antti Nurmikolun kirjallisuusselvityksessä ”Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa” (A 4/2004). /69/. Päällysrakenteen mitoituksessa otetaan huomioon junaliikenteen aiheuttamat poikkisuuntaiset voimat ja radan itsensä aiheuttamat vaakavoimat. /70/. Näistä voimista kerrotaan lisää päällysrakenteen mitoituksesta kertovassa kappaleessa. Rataan kohdistuvia ja radassa olevia voimia on esitetty kuvissa 6 ja 9.



Kuva 9. Havainnekuva rataa kohdistuvista voimista.

Taulukko 9. Dynaamisen pyöräkuorman raja-arvot. /46/

Rata-luokka	Kiskopaino	Pölkkytys	Tukikerros	Dynaaminen pyöräkuorma, Q max [kN]
A	K30	puu	raidesora, raidesepeli	100
B ₁	K43, K60, 54E1	puu	raidesora	140
B ₂	K43, K60	kaikki	raidesepeli	150
C ₁	54E1	puu, betoni ennen vuotta 1987 valmistetut	raidesepeli	170
C ₂	54E1	betoni vuonna 1987 ja myöhemmin valmistetut	raidesepeli	185
D	60E1	betoni	raidesepeli	200

UIC:n määrelehden 518 liite 2 ”225 kN:a korkeampien ja enintään 250 kN:n akselipainon salliva kalusto” sallii enintään 210 kN pystysuuntaisen kuorman (Q) 100 km/h ja sitä alemmilla nopeuksilla. UIC:n määrelehti sallii myös enintään 155 kN kvasi-staattisen pyöräkuorman (Q_{qst}). /52/

Aikaisemmissa selvityksissä ei ole ollut kovin luotettavaa ja varmaa tietoa 250 kN:n kalustosta, koska uusista vaunuista ei ole ollut kokemuksia. Nykyinen kalusto on kuitenkin parempaa mitä aikaisemmin luultiin. Uudella 250 kN:n akselipainolle soveltuvalla kalustolla staattinen kuorma kasvaa 225 kN:sta 250 kN:iin, mutta dynaamiset kuormat eivät jousien ja telien erilaisen rakenteen takia mainittavasti kasva /71/. Uusia K17-telejä hyväksyttäessä huomattiin, että pystysuuntaiset voimat ovat ennakoitua pienempiä, minkä vuoksi voitaisiin vaivattomammin siirtyä korkeampiin akselipainoihin ja suurempiin nopeuksiin. Akselipainolle 250 kN hyväksytty K17-teli on vain yksi mahdollisista käytettävistä teleistä. Vaunun kulkuominaisuudet ja jarrut saattavat rajoittaa nopeutta. Junille voidaan antaa myös tapaus- ja kalustokohtaisia rajoituksia. /70/. Kappaleessa 3.10 kerrotaan 250 kN:n akselipainolle soveltuvasta kalustosta. Radan maanvaraisen perustamisen sekä alus- ja pohjarakenteiden mitoituksessa käytettävien kuormien jakautumista käsitellään stabiliteetista kertovassa kappaleessa 3.7.

Metripaino

Rataverkon vaurioiden estämiseksi on kalustolle asetettu suurin sallittu metripaino. Se asettaa rajoituksia liikkuvan kaluston suunnittelulle. Liikkuvan kaluston suurin sallittu metripaino on 80 kN/m erikoiskuljetuksia lukuun ottamatta /40/. Suomessa uuden radan mitoituksen metripaino on 120 kN/m. Ratarakenteiden mitoituksessa käytetty metripaino on kalustolle määriteltyä rajoitusta suurempi, koska siinä käytetään varmuuskertoimia. Vanhoilla ratarakenteilla vaunujen metripainon kasvattaminen ei onnistu 80 kN/m:stä ja jopa tämän vaatimuksen täytyminen on paikoitellen epävarmaa /15/. /13/

Metripaino rajoittaa raskaamman tavaraliikenteen sallimista olemassa olevilla radoilla. Metripaino vaikuttaa alus- ja pohjarakenteen sekä siltojen mitoittamiseen. Metripaino määrittää rakenteiden laskennassa käytetyn nauhakuorman suuruuden. Nauhakuorman suuruus näkyy esimerkiksi kappaleen 3.7 taulukoissa 11 ja 12. /70/. Taulukossa 10 näkyvät liikkuvan kaluston sallittu metripaino, uusien ratojen mitoituksessa käytettävä

metripaino ja nykyisin Suomessa käytössä olevien 250 kN:n akselipainon sallivien vaunujen metripainot täydellä kuormalla. Taulukossa olevien kolmen 250 kN:n vaunujen metripainot ovat pienemmät kuin 80 kN/m. Jos esimerkiksi radan stabiilitettitarkastelut ja mahdolliset kantavuuden parantamistoimenpiteet laskettaisiin raskaamman kaluston toteutuvilla metripainoilla 80 kN/m metripainon sijaan, voitaisiin korkeammat akselipainot hyväksyä kevyemmin toimenpitein joillakin olemassa olevilla radoilla. Avaamalla liikenne 250 kN:n akselipainolle joillekin reiteille mitoittamalla mahdolliset stabiilitetin parantamistoimenpiteet nykyisen vajaakäytössä olevan 250 kN:n akselipainon sallivan kaluston mukaisilla pienemmillä metripainoilla (taulukko 10), voidaan suunnittelun yhteydessä säästyä turhilta toimenpiteiltä ja säästää toimenpidekustannuksissa, tehostaa raiteilla tapahtuvaa tavaraliikennettä, saada nopeammin hyötyä käytössä olevasta kalustosta ja säästää vajaakuormilla liikkuvilla junilla aiheutuissa kustannuksissa.

Kansainvälisessä normituksessa käytetään metripainosta termiä "linear load" ja se ilmoitetaan massana pituusyksikköä kohti. Käytettyjä arvoja suomalaisittain tutun 8 t/m lisäksi ovat 6,4 t/m, 7,2 t/m ja 8,8 t/m. /33/, /53/ Käytettäessä massaa 7,2 t/m pituusyksikköä kohden, voitaneen käyttää kuormakaaviota LM71-22,5, jossa kerroin $\alpha=1,00$. Käytettäessä raja-arvona 6,4 t/m voitaneen käyttää kuormakaaviota LM71, jossa kerroin $\alpha=0,91$, mikä on taulukossa 10 esitettyjen pitkien vaunujen metripainoa vastaavan pituusyksikköä kohden ilmoitetun massan lähin suurempi vakioarvo, joka on esitetty standardissa EN 1991-2:2003. /50/

Taulukko 10. Metripainoja.

	Metripaino (kN)	Kokonaispaino (kN)	Pituus (m)
Liikkuva kalusto	80		
Uusien ratojen mitoitus	120		
Nykyinen Suomessa käytössä oleva 250 kN:n salliva kalusto			
Siirtokatevaunu, Simn-t	59,6	1000	16,8
Sahatavaravaunu, Habbin	40,8	1000	24,5
Rikastevaunu, Taimn-t	80,0	1000	12,5
Yhdistettyjen kuljetusten vaunu, Sdggngqss-w	40,2	1000	24,9

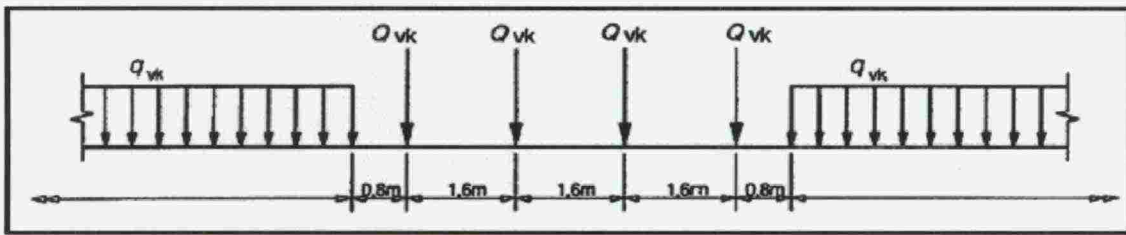
3.7 Stabiilitetti

3.7.1 Yleistä

Pohjamaa on ratapenkereen alla olevaa maata. Pohjanvahvistuksella parannetaan maakerroksen teknisiä ominaisuuksia. Maanvaraisesti perustettavan radan geotekninen mitoitus sekä mahdollisten vahvistus- ja pohjarakenteiden geotekninen ja rakenteellinen mitoitus on tehtävä siten, että itse pohjarakenteiden samoin kuin niiden varassa olevien rakenteiden painumat ja siirtymät ovat radan turvallisen liikennöinnin kannalta riittävän pienet. Maapohjan ja rakenteiden varmuuden sortumista, murtumista ja halkeilua vastaan on myös oltava riittävän suuri. Radan maanvaraisessa perustamisessa sekä mahdollisten vahvistus- ja pohjarakenteiden mitoituksessa käytetään ensisijaisesti laskennallisia menetelmiä. Laskennallisessa mitoituksessa yleisten laskentamenetelmien yhteydessä käytetään rajatila- ja kokonaisvarmuusmenetelmää. Pohjarakenteen rakenteellisen kestävyuden mittauksessa voidaan käyttää osavarmuus-, kokonaisvarmuus- ja sallittujen jännitysten menetelmää. Kokonaisvarmuusmenetelmän käyttö on

hyvä herkkyytarkastelussa, koska parametrien vaihtelun vaikutus on silloin helposti havainnollistettavissa. Menetelmä on myös pakollinen tarkasteltaessa monimutkaisen mitoituksen lopputulosta. Mitoitustarkastelussa käytettävien maaparametrien on vastattava maapohjan kuormitustilanteessa tapahtuvien muutosten perusteella määrääväksi muodostuvaa tilannetta. Maamateriaalien kitkalle ja koheesiolle eri mitoitustilanteissa käytettävät osavarmuusluvut on esitetty taulukoissa 13 ja 14. Lukuja on myös käytetty seuraavan kappaleen esimerkkikaaviossa (kuva 12). /41/

Radan maanvaraisen perustamisen sekä alus- ja pohjarakenteiden mitoituksessa käytettävän pystysuoran junakuorman ominaisarvo saadaan kertomalla kuormakaavion LM71 perusteella määräytyvät, paikallaan olevan junan aiheuttamaa staattista kuormaa vastaavat nauha- ja akselikuormat asianomaisella sysäyskertoimella ϕ_v . Junakuorman laskenta-arvo saadaan junakuorman ominaisarvosta kertomalla se junakuorman osavarmuusluvulla. Kuormakaavio LM71 muodostuu nauhakuormasta q_{vk} ja neljästä akselikuormasta Q_{vk} , jotka sijaitsevat 1,6 metrin etäisyydellä toisistaan. Nauhakuorma q_{vk} voi olla epäjatkuva siten, että saavutetaan määräävä kuormitustapaus. Kuormakaavio LM71 on esitetty kuvassa 10 ja sitä vastaavat akselipainoluokat taulukossa 11. /41/



Kuva 10. Eurocoden mukainen kuormakaavio LM71. /41/

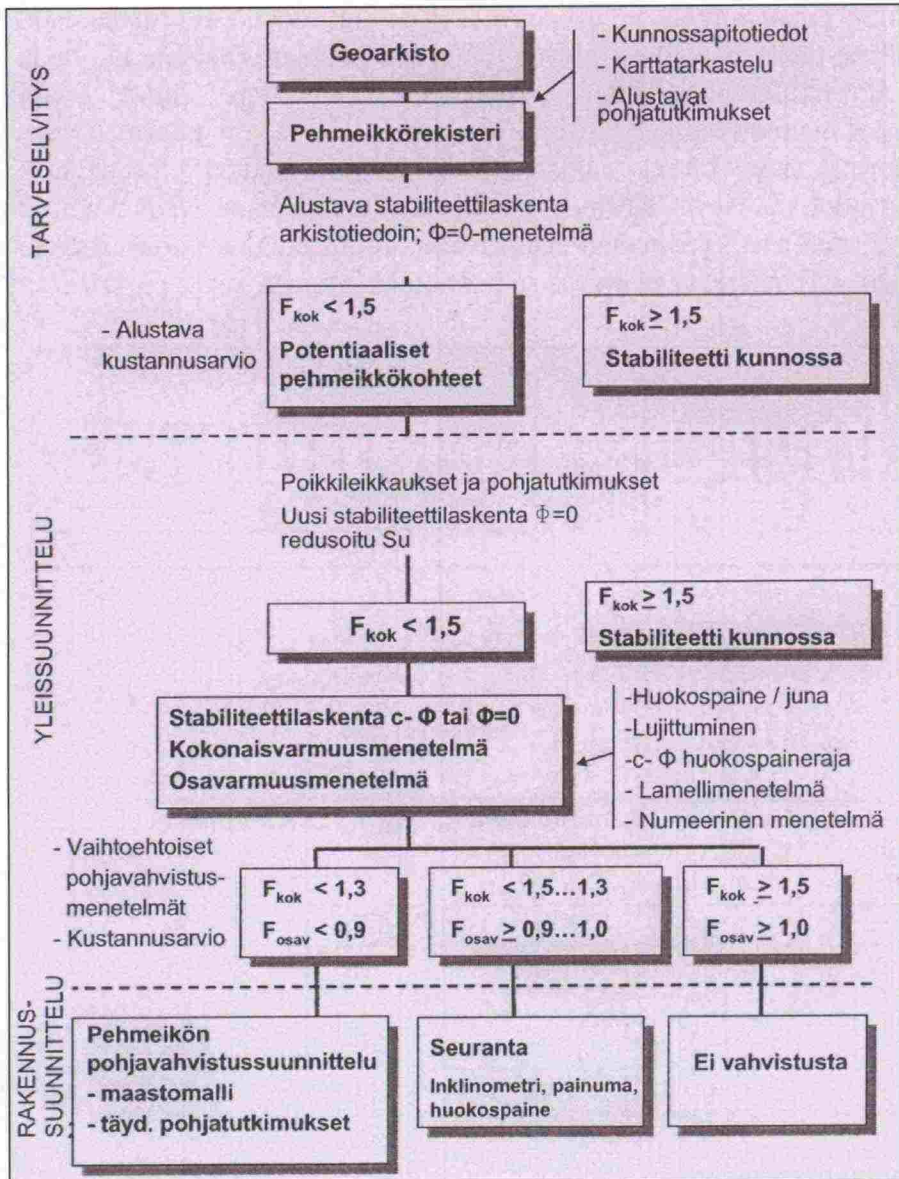
Taulukko 11. Kuormakaavion LM71 mitoitusakselipainot, niiden tunnuksat sekä vastaavat staattiset nauha- ja akselikuormat. /41/

Mitoitus- akselipaino [kN]	Kuorma- kaavion tunnus	Kuorma- kaavion α -kerroin	Kuormakaavion nauhakuorma, q_{vk} [kN/m]	Δq_{vk} [kN/m]	Kuorma kaavion akselikuormat, Q_{vk} [kN]
170	LM71-17	0,75	60	58	188
225	LM71-22,5	1,00	80	76	250
250	LM71-25	1,10	88	84	275
300	LM71-30	1,33	106	102	333
350	LM71-35	1,46	120	111	370

Uusien ratojen suunnittelussa käytetään 350 kN:n mitoitusakselipainoa, ellei hankkeen suunnitteluperusteissa muuta esitetä. Radan parantamisen yhteydessä käytetään myös 350 kN:n mitoitusakselipainoa rakenteille, joiden suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, ellei toisin mainita. Muuten radan parantamisen ja olemassa olevien ratojen suunnittelun yhteydessä noudatetaan hankkeen suunnitteluperusteissa määriteltä ja rataosan mitoitusakselipainoa. /41/

Olemassa olevan ratapenkereen mitoitus on esitetty julkaisussa ”Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet”. Ohjetta voi soveltaa osittain myös uusille radoille. Julkaisu on tarkoitettu suunnitteluun ja tarkastukseen. Alla olevassa kaaviossa (kuva 11)

on esitetty olemassa olevien ratojen stabiileettilaskennan päävaiheet eri suunnittelu-
vaiheissa. /38/. Ohjeen mukaisesti laskenta voidaan suorittaa $\varphi=0$ (merkinnöissä $\varphi=\Phi$)
ja $c-\varphi$ -menetelmällä. Menetelmässä $c-\varphi$ tulee ottaa huomioon kitkan lisäksi myös
huokospaine. Uusien ratapenkereiden mitoituksessa käytetään $\varphi=0$ -menetelmää. /41/.
Uusien ratojen ja siirtymille herkkien rakenteiden (esim. stabiloidut- ja betonipaalutetut
rakenteet, sillat) stabiileettia laskettaessa kaavion (Kuva 11) kokonaisvarmuudet
kerrotaan kertoimella 1,2. Näiden rakenteiden vaadittu kokonaisvarmuus F_{kok} on 1,8.
/38/



Kuva 11. Stabiileettilaskennan päävaiheet eri suunnitteluvaiheissa olemassa olevilla radoilla. /38/

3.7.2 Akselipainon noston vaikutus radan stabiliteettiin

Kun ryhdytään rakentamaan uutta rataa tai parantamaan vanhaa rataa, aloitetaan stabiliteettitarkastelut olemassa olevan tiedon, kuten karttojen ja kunnossapitotietojen kokoamisen avulla sekä alustavilla maaperätutkimuksilla. Pohjatutkimustietoa tulee tarpeen vaatiessa täydentää pohjatutkimuksin ja laskelmin /15/. Tutkimuksilla etsitään kriittisimmät poikkileikkaukset. Stabiliteettilaskennalla tarkastetaan, onko radan vakavuus riittävä ilman mitään toimenpiteitä ja rakenteita. Jos vakavuus ei ole riittävä, mietitään vahvistusrakennevaihtoehtoja ja valinnan jälkeen toimenpide mitoitetaan.

Pohjatutkimusten on oltava määrällisesti ja laadullisesti riittävät radan maanvaraisen perustamisen sekä vahvistus- ja pohjarakenteiden laskennallisessa mitoituksessa tarvittavien geoteknisten mitoitusarvojen luotettavaan määrittämiseen. Ennen akselipainon korottamista tarvittavat rakenteet korjataan /15/. Olemassa olevan radan kokonaisvarmuus 1,5 sallii akselipainon korotuksen. Olemassa olevan radan vakavuus on varmistettava taulukon 13 vaatimusten mukaiseksi, jos taulukon 12 mukaisesti määritetty laskennallinen junakuorma kasvaa joko liikennöintinopeuden tai akselipainon nostamisen vuoksi. Taulukossa 12 on esitetty vakavuuslaskennassa käytettävät juna-kuormat. Laskelmat suoritetaan käyttäen tasaista nauhakuormaa. /41/. Seuraavassa esimerkkikaaviossa (kuva 12) kerrotaan edellä olevan kuvan pohjalta stabiliteettilaskennan vaiheet esimerkinomaisesti.

Esimerkkikohde:
Vanhan radan parantaminen (nyk. akselipaino 225 kN) ja uuden radan rakentaminen (350 kN); varmistetaan radan kestävyys 250 kN:n akselipainolle

Maaperätutkimukset -> saadaan maakerrosten ominaisuudet, mm. kitka ja koheesio			
Valitaan c-φ- tai φ=0-menetelmä maaperän mukaan (joissa c on koheesio ja φ on kitka. c-φ- menetelmää käytetään karkeammille maalajeille)			
Vanha rata		Uusi rata	
Laskenta tehdään kokonaisvarmuus- ja osavarmuusmenetelmällä.			
Kokonaisvarmuusmenetelmä		Osavarmuusmenetelmä	
Kokonaisvarmuusmenetelmä		Osavarmuusmenetelmä	
Laskentaohjelmaan määritetään rataan kohdistuva kuormitus taulukon 12 ja valitun kuormakaavion mukaan.			
Kuormakaavio	LM71-25	LM71-35	
	Ominaiskuorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]	Murtorajatilan mitoituskuorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]	Ominaiskuorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]
			Murtorajatilan mitoituskuorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]
Kuormitus	35,2	45,8	48,0
			62,4
Laskentaohjelmaan määritetään maakerrosten ominaisuudet ja otetaan osavarmuusmenetelmällä laskettaessa huomioon taulukoiden 13 ja 14 osavarmuusluvut.			
Esim. c-φ-menetelmää käyttäen.			
Esim. φ=28° ja c=5 kPa		Esim. φ=30° ja c=5 kPa	
Kitka/ koheesio	Kitka/ koheesio	Kitka/ koheesio	Kitka/ koheesio
28 / 5	28/1,2 / 5/1,5	30 / 5	30/1,2 / 7/1,5
Parametrien avulla laskentaohjelmalla määritetään vaarallisin liukupinta.			
Laskennan tuloksena saadaan radan kokonaisvarmuus F_{kok} tai osavarmuus F_{osav} .			
Vaaditut varmuusluvut RAMOn osan 3 ja taulukon 13 mukaan.	F_{kok}	F_{osav}	F_{kok}
	1,5	1,0	1,8
			1,0

Kuva 12. Esimerkkikaavio.

Vanhan radan stabiliteetin parantamiskäytännön valintaan vaikuttaa erityisesti se, miten se on teknisesti mahdollista toteuttaa ottaen huomioon kuinka paljon radalla liikennöidään. Vanhoilla radoilla käytetäänkin yleensä vain vastapengertä lisäämään radan vakavuutta. Uudelle radalle tehdään teknistaloudellinen vertailu, jossa otetaan huomioon mm. menetelmän kustannukset, mihin vaikuttavat mm. pehmeikön syvyys ja pengerkorkeus sekä riskit ja luotettavuus.

*Taulukko 12. Stabiliteettilaskennassa käytettävät junakuormat ja kuormakaavio-
tunnukset. /41/*

Akselipainot			Kokonaisvarmuus		Osavarmuus	
Mitoitus- akseli- paino [t]	Kuorma- kaavion tunnus	Nauha- kuorma, q_{vk} [kN/m]	Ominais- kuorma, q_{om} [kN/m]	Ominais- kuorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]	Murtorajatil- an mitoitus- kuorma, q_m [kN/m]	Murtorajatil- an mitoitusk- uorma, $q_{om} (b=2,5m)$ [kN/m ²]
170	LM71-17	60	60	24,0	78,0	31,2
225	LM71-22,5	80	80	32,0	104,0	41,6
245		86	86	34,4	111,8	44,7
250	LM71-25	88	88	35,2	114,4	45,8
300	LM71-30	106	106	42,4	137,8	55,1
350	LM71-35	120	120	48,0	156,0	62,4

Stabiliteettilaskenta tehdään aina paikallaan olevalle junalle. Sysäyskertoimen arvo on 1,0. Paalulaattojen, rautatiesiltojen ja siltamaisten erikoisrakenteiden kuormat ja osavarmuusluvut on esitetty julkaisussa ”Rautatiesiltojen suunnitteluohje (RSO)”. /41/

*Taulukko 13 Ratapenkereiden stabiliteetin laskennassa käytettävät varmuusluvut. /38/
/41/*

Mitoitus-tilanne	Kuorman osavarmuus-luku, γ_q	$\tan\Phi$ osavarmuus-luku, $\gamma_{\tan\phi}$	Koheesion c osavarmuus-luku, γ_c	Suljetun leikkauslujuuden s_u osavarmuusluku γ_{su}	Koko-nais-varmuus, F_{kok}
Tavanomaiset vanhat ratapenkereet 1) 2) 3) 4)	1,3	1,35	1,5	1,4	1,5
Siirtymille herkätkä rakenteet $q = 0 \text{ kN/m}$ 2) 3)	1,0	1,5	1,8	1,6	1,8
Uusi ratapenger 2) 3) 4)	1,3	1,5	1,8	1,6	1,8

1) Vanhaksi ratapenkereeksi katsotaan penger, jonka alla pohjamaan konsolidaatioaste on vähintään 50 %. Tämä edellyttää yleensä vähintään 10 vuoden ikää.

2) Tavanomaista pilarisylvästabiloointia tai määräsylvyyteen ulottuvaa massastabilointia käytettäessä maapohjan kapasiteetin on oltava vähintään kokonaisvarmuuskerrointa $F_{\text{kok}} = 1,4$ ja osavarmuusmenetelmällä kitkan osavarmuuslukua $\gamma_\phi = 1,20$ ja koheesion osavarmuuslukua $\gamma_c = 1,40$ vastaava ilman sylvästabiloointia laskien. Massastabiloinnin ulottuessa kovaan pohjaan asti tätä vaatimusta ei kuitenkaan ole.

3) Pilarisylvästabiloinnin ja massastabiloinnin yhdistelmän käyttäminen ratapenkereen perustamisessa ei ole sallittua. Liikenteellä käytössä olevan raiteen alla ei saa käyttää stabiloointia.

4) Koskee myös vastapengertä.

Taulukko 14. Maamateriaalien kitkan ja koheesion osavarmuusluvut tuettujen kaivantojen yhteydessä. /41/

Tarkasteltava mitoitus-tilanne 1) 2) 3) 4)	Kitkan osavarmuusluku γ_ϕ	Koheesion osavarmuusluku γ_c
Pysyvä kaivanto Työnaikainen kaivanto, jos mahdollisen sortuman vaikutusalueella rakenteita, esimerkiksi paaluja, tai sylvästabilointi	1,20	1,50
Muu työnaikainen kaivanto	1,10	1,30

1) Junakuorma = $q_{vk} + \Delta q_{vk}$ [kN/m]

2) Aktiivi- ja passiivipaineeseen ei tehdä tärinästä johtuvia lisäyksiä eikä vähennyksiä

3) Siirtymätarkastelut tehdään ominaisarvoilla

4) Raideliikenteen aiheuttama sylväslisä otetaan huomioon vaakakuormana

3.7.3 Radan painumat

Painumien suhteen akselipainon korotus saattaa ilmetä painumanopeuden kiihtymisenä sekä lisääntyvän pumppausvaikutuksen johdosta rakennekerrosten sekoittumisena. /28/

Pysyvä ja palautuva painuma

Rata on suunniteltava siten, etteivät taulukossa 15 esitetyt tasaisen kokonaispainuman ja pituus- tai sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvot ylitä. Vaihdealueilla sovelletaan aina alusrakenneluokan 4 mukaisia tasaisen kokonaispainuman sekä pituus- ja sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvoja. /41/

Taulukko 15. Tasaisen kokonaispainuman sekä pituus- ja sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvot. /41/

Radan alusrakenne-luokka	Painuma-aika 100 vuotta	Painuma-aika 0...2 vuotta		Painuma-aika 2...9 vuotta	
	Tasainen kokonaispainuma [mm]	Pituus-kaltevuuden muutos [%]	Sivuttais-kaltevuuden muutos [%]	Pituus-kaltevuuden muutos [%]	Sivuttais-kaltevuuden muutos [%]
0	800	0,4	0,8	0,4	0,8
1	800	0,3	0,6	0,3	0,6
2	500	0,2	0,4	0,2	0,4
3	300	0,15	0,3	0,15	0,3
4	100	0,1	0,2	0,1	0,2

Olemassa olevilla maanvaraisesti perustetuilla radoilla ratapölkystä mitattavan radan palautuvan pystysuuntaisen painuman on mitoitusakselipainon suuruisen kuormituksen alaisena oltava vähintään 1 mm. Enimmäisarvo palautuvalle painumalle on vastaavasti 10 mm ratapölkystä mitattuna ja 8 mm jätkänpolusta mitattuna. Kun uusi maanvaraisesti perustettava ratarakenne suunnitellaan ja rakennetaan voimassa olevien ohjeiden mukaisesti, voidaan ratapölkystä radan mitoitusakselipainon suuruisen kuormituksen alaisena mitattavan palautuvan pystysuuntaisen painuman otaksua olevan vähintään 1 mm ja enintään 3 mm. /41/

3.8 Sillat

3.8.1 Yleistä

Siltojen uusiminen ja korjaaminen vie aikaa ja on kallista, mikä on otettava huomioon päätettäessä korkeamman akselipainon sallimisesta rataverkolla liikennöivällä kalustolla. Tässä työssä akselipainon korotusten edellytyksiä silloille käsitellään hyvin yleisesti. Rautatiesiltojen ja siltamaisten erikoisrakenteiden kuormat on esitetty Rautatiesiltojen suunnitteluohjeessa (RSO). RSO:n mukaisia kuormia käytetään myös rakenteiden mitoituksessa silloin, kun paalulaatan, rummun tai muun vastaavan rakenteen yläpinnan etäisyys radan korkeusviivasta on pienempi kuin 1,4 m. Olemassa olevat sillat tarkastetaan kuormakaaviolla LM71-25 eli 250 kN:n akselipainolle ja uudet sillat mitoitetaan kuormakaavion LM71-35 eli 350 kN:n akselipainon mukaisesti. Siltojen käyttöikä on nykyään tämänhetkiselä mitoituksella 100 vuotta. Vanhojen siltojen käyttöikä määritetään tarkastuksilla. /75/

Akselipainot ovat rautateiden olemassaolon aikana aina olleet nousussa. On arvioitu, että varautuminen esimerkiksi 30 % suurempiin akselipainoihin nostaa sillan rakennuskustannuksia vain 3 %. Jos vielä liikenteenhoitokustannukset otetaan huomioon rakennustyön aikana, kokonaiskustannusten nousu on tätäkin pienempi. /15/

3.8.2 Akselipainon noston aiheuttamat toimenpiteet

Akselipainon korottamisen takia tehtiin Itä-Suomessa merkittävimpien rataosien kartoitus, jossa priorisoitiin sillat alustavasti ennen kantavuuslaskentoja /31/:

Prioriteetti 1 = todennäköisesti uusittava (Taulukon 16 ryhmät I–V)

Prioriteetti 2 = ei osata antaa arviota, voidaan ehkä löytää jokin ratkaisu (Taulukon 16 ryhmät VI–VIII)

Prioriteetti 3 = kantavuus saattaa riittää (Taulukon 16 ryhmät VI–VIII)

Kaikista riskisilloista on tehtävä tarkempi kantavuusselvitys (kantavuuslaskelmat) ennen korotettujen akselipainojen käyttöönottoa. Kantavuuslaskelmat määräävät, mitä toimenpiteitä sillalle tehdään. Edellä mainittua ja taulukon 16 mukaista priorisointia voidaan käyttää yleisesti alustavissa akselipainoselvityksissä. Vuoden 1974 jälkeen rakennettujen siltojen ja kunnoltaan hyvien siltojen ei pitäisi olla kantavuudeltaan esteinä akselipainon nostolle. Taulukossa 16 esitetään todennäköiset ja mahdolliset riskisiltatyypit ryhmittäin ja niille arvioidut keskimääräiset korjauskustannukset. Näille todennäköisille riskisilloille tehdään yleensä merkittäviä vahvistamistoimenpiteitä tai rakenteiden uusimista ennen akselipainon nostoa 250 kN:iin. Korjattujen siltojen on täytettävä kuormakaavion LM71-25 vaatimukset. Kaikki uusittavat sillat tai siltakannet mitoitetaan LM71-35 -kuormakaaviolle. Kun huonokuntoiset sillat kartoitetaan, esteet poistetaan ja tarvittaessa korjataan siltojen tarkastustoiminnassa, ei 250 kN:n akselipainon käyttöönotolle ole esteitä /15/. /75/

Taulukko 16. Riskisiltatyypit ryhmittäin ja arvioitujen keskimääräiset korjauskustannukset. /75/

Riski-ryhmä	Riskisillat /5/	Tarkempi selostus sillasta /15/, /75/	Korjauksen keskimääräinen kustannusarvio /75/
Todennäköiset riskisillat- ja rakenteet			
I	Lyhyt teräsbetoninen laattasilta, I-48 tai vanhempi	1-aukkoinen teräsbetonisilta, joka on mitoitettu I-48 tai vanhemmalle kuormakaavioille ja jonka jännemitta on alle 6 m	100 000–200 000 €
II	Lyhyt terässilta, I-48 tai vanhempi	1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-48 kuormakaavioille ja jonka jännemitta on alle 10 m.	200 000–300 000 €
III	Terässilta, väsyminen, sekundäärirakenteet	1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-26 tai vanhemmalle kuormakaavioille ja jonka jännemitta on alle 22,5 m.	15 000 €/raidem
IV	Vanhat laakeripallit (rak.vuosi < 1926)		suunniteltu pienemmille kuormille, eikä ole tarkastettu kuinka paljon kestää
V	Vanhat perustukset (rak.vuosi < 1926)	A) Vanhat perustukset, usein ns. "kallmur", joista ei löydy laskelmia.	vaihtelee, 100 000–200 000 € (perushinta) + 100 000 eurosta eteenpäin
		B) Paalutetut maatumakirakenteet, joiden paaluryhmässä on pääasiassa pystysuoria puupaaluja.	
Mahdolliset riskisillat- ja -rakenteet			
VI	Vanha laattakehäsilta (rak.vuosi < 1974)		100 000–200 000 €
VII	Vanhat laakerit (rak.vuosi <1926)		suunniteltu pienemmille kuormille, eikä ole tarkastettu kuinka paljon kestää
VIII	Kantavuuteen vaikuttavia vaurioita havaittu päätarkastuksissa	Kantavuuteen vaikuttavia vaurioita ovat mm. betonisiltojen teräskorroosio, rakenteiden siirtymät, teräsrakenteiden niittien irtoamiset ja teräksen repeäminen, liian kapea silta; sepeli ei mahdu sillalle -> kannen vaihto, raide epäkeskeisesti -> raiteen siirto tai kannen vaihto	-

Muissa selvityksissä (mm. Jämsänkoski-Rauma ja Elijärvi-Röyttä) priorisointi oli seuraavanlainen /29/, /30/:

Prioriteetti I = ennen liikennöinnin aloittamista tarvittavat toimenpiteet

Prioriteetti II = liikennöinnin aloittamisen jälkeen tehtävät toimenpiteet, jotka varmistavat rakenteiden pitkäaikaisen käytettävyyden

Prioriteetti III = liikennöinnin aloittamisen jälkeen tehtävät toimenpiteet, jotka parantavat kapasiteettia, nostavat nopeutta tms.

Selvityksissä kävi ilmi, että prioriteetin I kohteissa on sellaisia vaurioita, että ne on joka tapauksessa korjattava riippumatta akselipainon nostosta. Nimenomaisesti akselipainon nostosta johtuvia toimenpiteitä ei ollut. Prioriteetin II kohteissa oli parantamistoimen-

piteitä, joilla varmistetaan radan taloudellinen ylläpito. Prioriteettiin III valikoitui kohteita, joiden parantamisella parannetaan liikennöimisen edellytyksiä ja taloudellisuutta.

Akselipainon korottaminen vaatii kantavuuslaskelmien perusteella esitettyjen kantavuuden parantamistoimenpiteiden lisäksi yleensä myös muita toimenpiteitä, jotka on esitetty seuraavassa listassa. /75/

- Pengerlevityksen kasvattaminen neljään metriin 10 metriä sillan siipimuurien päistä SYL-R 2.4.101 (Rautatiesiltojen yleiset laatuvaatimukset) mukaisesti
- Siltojen korvausinvestoinnit, jotka on nimetty Rautatiesiltojen hallintaraportissa 2005. Yleensä nämä ovat betoni- ym. muiden siltojen ikääntymisvaurioita.
- Huonokuntoisiksi todettujen siltojen erikoistarkastukset ja niiden perusteella esitetyt korjaukset. Yleensä ne ovat siltoja, joiden ikääntymisvaurioita voidaan pitää esimerkiksi kantavuuteen, säilyvyyteen tai turvallisuuteen vaikuttavina tekijöinä.
- Vanhoilla silloilla suuri ongelma on siltojen kapeus. Noin 20 vuoden ajan on tehty riittävän leveitä siltoja.
- Reunapalkkien korotukset, jotta sepeli pysyy sillalla ja ratapölkkyjen päissä. Liian korkeita reunapalkkikorotuksia ei suositeta. Sillan reunapalkkikorotukset eivät ole pidemmän päälle kovin käytännöllisiä toimenpiteitä.

Silloilla voidaan aloittaa korkeamman akselipainon sallimisen jälkeen uusimis- tai korjaustoimenpiteiden sijasta myös tehostettu tarkkailu. Silta asetetaan tehostettuun tarkkailuun esimerkiksi silloin, kun painorajoitus poistetaan vahventamatta rakennetta eli sallitaan suurempi junapaino tai akselipaino ilman siltaan kohdistuvia toimenpiteitä. Tehostetussa tarkkailussa tehdään sillalle toistuvia mittauksia. Tehostettua tarkkailua sovelletaan esimerkiksi siltojen vauriotapausten yhteydessä ja sillan kunnan merkittävästi huonontuessa. Tavanomaisin tehostettu tarkkailu kohdistuu maatukien kallistumisen seuraamiseen tarkkavaaituksella. /44/

Sillan tehostettu tarkkailu pitäisi tehdä tasaisin aikavälein, yleensä 2–6 kertaa vuodessa, mutta vakavissa tapauksissa tarkastusväli voi olla lyhyempikin. Pidempään tarkastusväliin voidaan siirtyä, kun sillan kunnan muuttumisesta saadaan riittävästi tietoa. Tarkastusväli ei kuitenkaan saa olla pidempi kuin 1 vuosi. /44/

Tehostetun tarkkailun tavoitteena on määrittää sillan kunnan muutos aikayksikköä kohti. Tarkkailussa kiinnitetään päähuomio sillan kantavuuteen vaikuttaviin seikkoihin ja erityisesti tarkkailuun johtaneeseen syyhyn. Siksi tarkastus keskittyy yleensä muodonmuutosten, halkeamien, murtumien ja syöpymien tarkkailuun. Erityisen vakavasti on suhtauduttava terässiltojen ja suurten puristusjännitysten alaisten rakenteiden, kuten jännitettyjen siltojen ja kapeauumaisten puristettujen palkkien vaurioihin, koska niiden kehittyminen murtumiksi voi olla yllättävän nopeaa ja arvaamatonta. Kaatuvia reunapalkkeja ja siipimuureja tulisi myös tarkkailla, vaikka ohjeissa ei näitä mainita /75/. /44/

Tehostettua tarkkailua ei ole vielä kuitenkaan käytännössä akselipainojen sallimisen osalta systemaattisesti toteutettu. Rataosuudella Kirkniemi–Hanko ei ole tehty tehostettua tarkkailua. Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella tehtiin akselipainon noston jälkeen tehostettua tarkkailua, mutta sitä ei ollut ohjeistettu. Korkeamman akselipainon sallimisen jälkeen tulisi tehdä selkeä tarkkailu- ja kunnossapito-ohje, jossa nimetään

rataosan tarkkailtavat sillat ja vauriot sekä tarkastusväli. Tehostetun tarkkailun tulee suorittaa siltatarkastuksen asiantuntija. Sillan tehostetun tarkkailun tarkastuslomake löytyy RAMOn osasta 8 ”Sillat”, liite 7. Tehostetun tarkkailun raportointitavan toimivuudesta ei ole tietoa. Tehostetusta tarkkailusta on vaikea tehdä aukotonta järjestelmää mm. seuraavaksi lueteltujen seikkojen takia. /75/:

- Liikenteelle jää sellaisia siltoja, jotka eivät kantavuuslaskelmien perusteella välttämättä kestä
- Kantavuuden lisäksi sillalla voi olla muitakin ongelmia. Halutaanko jättää moni-ongelmaisia siltoja rataverkolle?
- Ollaanko valmiita ottamaan riskejä siltojen suhteen?
- Kuka ottaa vastuun, jos kantavuuslaskelmat osoittavat, että silta pitäisi vahvistaa, mutta silti jätetään liikenteelle?

Paine korkeampien akselipainojen käytölle on johtanut siihen, että esimerkiksi RAMO 8 pitäisi tarkastusten (mm. tehostetun tarkkailun) osalta päivittää. Yllä olevat tekstit on kirjoitettu sellaisena ajankohtana, jolloin tehostettu tarkkailutarve oli hyvin vähäistä. /75/

3.8.3 Lyhyesti siltojen tarkastuksista

Siltoja hallitaan siltarekisterin ylläpidolla, siltojen päätarkastuksilla ja kunnossapidon ohjelmoinnilla. Siltojen hallinnan tavoitteena on tuntea siltojen kunto, ohjelmoida korjaustoimenpiteet siten, että voidaan olla varmoja siltojen liikenneturvallisuudesta, toimintakunnosta ja kantavuudesta sekä estää siltojen rappeutuminen kokonaiskustannuksiltaan edullisimmilla, ennaltaehkäisevillä ja oikea-aikaisilla toimenpiteillä. Siltojen hallinnan tarkoituksena on myös säilyttää rakenteiden ulkonäkö sillan ympäristöön sopivana. /44/

Jokaiselle Suomen rautatiesillalle tehdään 7 vuoden välein päätarkastus. Päätarkastuksen tarkoituksena on todeta siltojen kunto, kerätä tietoja siltojen vaurioista, todeta tehty hoitotoimenpiteet ja niiden riittävyys sekä todeta korjausrakentamisen onnistuminen. Päätarkastus kohdistetaan sillan ja siihen välittömästi liittyvien maa-rakenteiden kaikkiin osiin. Se suoritetaan perusteellisesti ja järjestelmällisesti näköhavaintojen perusteella, optisia apuvälineitä hyväksi käyttäen. Päätarkastuksen lisäksi silloille tehdään peruskunnossapitoon kuuluva vuositarkastus kerran vuodessa radan kävelytarkastuksen yhteydessä tai erillisenä siltojen vuositarkastuksena. Vuositarkastuksen tavoite on todeta sillan kunto ja ne toimenpiteet, jotka on toteutettava peruskunnossapidolla. Peruskunnossapidon yhteydessä voidaan tehdä silloille myös jatkuvaa tarkkailua, mutta sitä ei ole ohjeistettu. Sillan päätarkastuksen, vuositarkastuksen, jatkuvan tarkkailun tai muiden selvitysten perusteella tehdään aiheelliset erikoistarkastukset, joissa tarvitaan suurempaa asiantuntemusta ja teknistä varustusta. Sillan erikoistarkastukset sisältävät mm. tehostetun tarkkailun. /44/. Tehostetusta tarkkailusta on kerrottu aikaisemmin.

3.9 Rummut

3.9.1 Yleistä

Rumpu on siltamainen tai putkimainen rakenne, jonka vapaa aukko on alle 2,0 metriä. Suurin osa Suomen noin 6000 rummista on kivrakenteisia, jotka on rakennettu muun radan rakentamisen yhteydessä 1800-luvulla ja 1900-luvun alussa. /48/. Kaikki rummut ovat yksilöitä, vaikka samantyyppisillä rummuilla onkin havaittavissa selvää säännönmukaisuutta.

Rumpujen kunnossapidon ja tarkastusten tarkoitus on tuntea rumpujen kunto ja varmistaa rumpujen liikenneturvallisuus, toimintakunto ja kantavuus. Aiemmin rumpujen kunnossapitoa on ohjeistettu hyvin vähän. Ohjeet ovat olleet useissa eri lähteissä. Käytännössä rumpujen korjaukset on tehty hyvin vähällä suunnittelulla. Helmikuussa 2006 tuli voimaan uusi Rumpujen korjausohje (RUMKO). RUMKOn tarkoitus on nostaa rumpujen kunnossapidon ja korjausten suunnittelun laatua sekä yhtenäistää korjausten toteutustapaa. /48/

3.9.2 Akselipainon noston aiheuttamat toimenpiteet

Ennen akselipainon nostoa on varmistettava rumpujen kantavuus tutkimuksilla, jotka perustuvat rakenteellisiin laskelmiin ja mallinnukseen. Akselipainon noston vaikutusta jopa hyvin tunnetun ja dokumentoidun rummun käyttäytymiseen on erittäin hankala arvioida. Kaikkien rumpujen on oltava tarkistettuja sekä vaurioituneet ja rakenteeltaan vajaakuntoiset rummut on korjattava ennen akselipainon korotusta. Käytännössä akselipainon nosto ei välttämättä synnytä vaurioita vaan pahentaa olemassa olevia vikoja /75/. Nykyisten vaatimusten mukaisilla betonirummuilla ei pitäisi olla ongelmia korkeammilla akselipainoilla /63/. /7/

Akselipainon noston yhteydessä voidaan rummuille siltojen tavoin tehdä kolme toimenpidettä, uusia rumpu, korjata rumpu tai määrätä rumpu jatkuvaan tehostettuun tarkkailuun. Ennen akselipainon korottamista korjataan tai korvataan rakenteellisesti vaurioituneet rummut ja rummut, joiden rakenteen kapasiteetti ei ole laskennallisesti riittävä. Ongelmana on, että kivrumpujen, betoniputkien ja betonikannellisten rumpujen kantavuutta/kapasiteettia on vaikea määrittää laskennallisesti. Vaurioituneen rummun uusiminen maksaa keskimäärin 50 000–100 000 euroa. /75/

Radan tasonnoston suunnittelun, kuten akselipainokorotusten yhteydessä on selvitettävä rummun käyttäytyminen, jos /48/, /75/:

- rummun peitesyvyys on pieni, etäisyys korkeusviivasta alle 1,4 m
- rummussa on reunapalkkikorotus alle 4,0 metrin päässä radan keskilinjasta
- rumpu on vanha kivrumpu tai betoniputkella jatkettu kivrumpu
- rummun pää on hautautunut luiskaan sisään, rumpu on pahasti liettynyt tai kuntoa ei pystytä muuten varmistamaan.

Nämä edellä mainitut rummut ovat akselipainon noston kannalta riskirumpuja ja tätä luokitusta voidaan käyttää yleisesti akselipainoselvityksissä.

Erikoistarkastuksen jälkeen rumpu voidaan asettaa tehostettuun jatkuvaan tarkkailuun. Erityisesti korotettujen akselipainojen käyttöönnoton jälkeen riskirummuiksi todettujen rumpujen tarkkailu on tärkeää. /48/. Tehostetusta tarkkailusta ja erikoistarkastuksesta lisää kappaleessa 3.9.3. Tehostettua tarkkailua ei ole vielä kuitenkaan käytännössä systemaattisesti toteutettu. Akselipainon noston jälkeen tulisi tehdä siltojen tavoin selkeä tarkkailuohje, jossa nimetään tarkkailtavat kohteet ja vauriot rataosalla sekä kuinka usein rumpua tulee tarkkailla. /75/

Kirkniemi–Hanko-rataosuudelle aloitettiin akselipainon noston jälkeen tehostettu tarkkailu kahdelle rummulle. Tarkkailua jatkettiin kahden vuoden ajan 6 kuukauden välein. Tehostetussa tarkkailussa seurattiin betonikansilla peitettyjen vanhojen kivirumpujen saumojen liikkeitä. Tarkkailu pyydettiin erillisenä kunnossapitotehtävänä ja siitä annettiin ohjeet. Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella, jolla sallitaan 250 kN:n akselipainot, on myös tilattu tehostettua tarkkailua, mutta sitä ei ollut ohjeistettu /72/. /65/

3.9.3 Rumpujen tarkastukset yleisesti

Rumpujen kunnossapitoon liittyvä tarkastustoiminta voidaan jakaa kolmeen tarkastukseen: vuositarkastus, jatkuva tarkkailu ja erikoistarkastus. Rumpujen vuositarkastukset tehdään joko radan kävelytarkastusten yhteydessä tai erillisellä tarkastuskierröksellä. Vuositarkastuksessa tulisi käydä kaikki rataosan rummut järjestelmällisesti läpi ja löytää toimivuuden kannalta puutteelliset ja rakenteellisesti vaurioituneet rummut. Lisäksi tarkastetaan rummun paikka- ja rakennetiedot ja väärät tiedot korjataan rumpurekisteriin. Tarkastuksissa yleisimmin havaittuja vaurioita ovat kivien rakoilun kautta tapahtuvat pengermateriaalin vuodot, uoman tukkeumat ja rummun kohdalla penkereen tai raiteen painaumat. Perusteellisimmissä tarkastuksissa tutkitaan rakennetta tarkemmin ja syiden analysointi tehdään korjaustoimenpiteen valintaa varten. /48/

Rumpu asetetaan jatkuvaan (tehostettuun) tarkkailuun esimerkiksi silloin, kun sallittuja akselipainoja korotetaan vahventamatta rumpurakennetta, mikä on tärkeää tämän työn kannalta. Tehostettua jatkuva tarkkailua tehdään useimmiten silloin, kun rummun kapasiteettia tai toimivuutta ei voida laskennallisesti osoittaa riittävällä varmuudella. Tarkkailussa kiinnitetään eniten huomiota rummun kantavuuteen vaikuttaviin seikkoihin ja erityisesti tarkkailuun johtaneeseen syyhyn. Siten tarkastus keskittyy yleensä muodonmuutosten, halkeamien, murtumien ja syöpymien tarkkailuun. Tehostetusta tarkkailusta tehdään mittausohje. Mittausohjeen mukaan tehostettu tarkkailu on normaalia silmämääräistä tarkastusta täydentävä mittaus. Tyypillisiä asioita, joita mittauksilla seurataan, on reunapalkkien ja niiden korotusten siirtymät tai kivrumpujen liikkeet. Tehostettuun tarkkailuun siirrytään, jos RHK niin päättää kunnossapitäjän, rumpujen teknisen suunnittelijan tai asiantuntijan suosituksesta. Erikoistarkastus on rummun perusteellinen kuntotarkastus. Erikoistarkastukseen päädytään, kun jatkuva tarkkailu, vuositarkastus tai muu rataselvitys antavat siihen aihetta rummun tarkempien kuntotietojen saamiseksi. /48/

Peruskunnossapidolla on tarkoitus pitää rumpu hyvässä kunnossa ja toimivana. Rumpujen vuositarkastuksen yhteydessä/jälkeen tehdään pieniä kunnossapitotoimenpiteitä rumpujen toimivuuden varmistamiseksi, kuten puhdistetaan rummut ja rummun päät, puhdistetaan tai perataan ojat tai korjataan luiskaverhousta. Hyvällä kunnossa-

pidolla rumpu voidaan pitää sellaisessa kunnossa, että mahdolliset vauriot voidaan havaita tarpeeksi ajoissa /75/. /48/

Rumpujen tasonnostotoimenpiteitä tehdään mm. akselipainon noston yhteydessä. Tasonnostotoimenpiteitä ovat mm. rummun uusiminen, rumpuputken asentaminen vanhan rummun sisään tai rummun uusiminen nykyisen rummun viereen tunkkaamalla tai poraamalla. Korjaus- ja tasonnostotoimenpiteistä kerrotaan Rumpujen korjausohjeessa (2006). /48/

3.10 Kalusto ja sen hyödyntäminen

3.10.1 Yleistä

Akselipainon korotuksen hyödyntäminen edellyttää sopivan ratarakenteen lisäksi korkeammille akselipainoille soveltuvaa kalustoa.

VR Cargo omistaa noin 10 000 vaunua, joista tällä hetkellä noin 300 soveltuisi 250 kN:n akselipainolle. Suurin osa näistä 10 000 vaunusta on vanhoja ja hyvin erilaisia eikä niitä juurikaan voida uusia tai kunnostaa 250 kN:n akselipainoille. Vanhojen vaunujen käyttöikää pidennetään saneerauksella ja huoltotoimenpiteillä. Osa Suomen tavaraliikenteen kalustosta on varattu yksittäisiksi asiakasjuniksi ja erikoiskuljetuksiin. Asiakaskuljetukset suoritetaan tietyillä väleillä ja tietyille asiakkaille. Asiakkaat haluavat, että kuljetukset toimivat nopeasti ja pienillä vaunumäärillä. VR Cargon vaunuhankinnat ja vaunujen rakenne perustuvat täysin asiakkaiden tarpeisiin. Suomessa olevasta kalustosta noin 20 % on venäläistä kalustoa, joka ei viivy Suomessa sen kauempaa kuin on tarve. Kuormat puretaan ja lastataan nopeasti ja kalusto palautetaan mahdollisimman pian Venäjälle. /71/

Suurimmat tarpeet 250 kN:n akselipainolle on tällä hetkellä Pasila–Tampere–Oulu-välille yhdistettyjen kuljetusten reitille sekä paperikuljetuksiin Jämsänkoski–Rauma ja Kuusankoski/Imatra–Kouvola–Kotka/Hamina-rataosuuksille. Imatralla myös Stora Enso voisi siirtyä lastaamaan SECU-konteja satamasta tehtaalle, jos akselipaino nostettaisiin 250 kN:iin. Tällä hetkellä asiaa selvitetään eri tahoilla. Monilla rataosuuksilla kulkee jo 250 kN:n sallivia vaunuja vajaakuormilla. Esimerkiksi Raahe–Tuomioja ja Hyvinkää–Kirkniemi-väleillä olisi myös tarve 250 kN akselipainolle mm. teräskuljetuksia varten. Näistä Hyvinkää–Kirkniemi-rataosuuden nostotarve ei ole kovin kiireellinen, mutta verkollisesti tarpeen. /71/. Kiireellisimmistä 250 kN:n reittitarpeista on kerrottu kappaleessa 2.4 sekä kerrotaan liitteessä 1 ja myöhemmin tässä kappaleessa. Tällä hetkellä monilla reiteillä on sallittu poikkeusluvalla kuljetukset venäläisellä ja muulla IVY-kalustolla 245 kN:n akselipainoin. RHK myöntää poikkeusluvan puolen vuoden välein, mikä ei ole kovin pitkäjänteistä. Lupa myönnetään yleensä varmuuden vuoksi, koska on kallista purkaa kuormaa rajalla ja joko lisätä vaunuja perään tai varastoida tavara jonnekin. Paikoittain poikkeusluvanvaraisille kuljetuksille asetetaan pistemäisiä nopeusrajoituksia mm. liikennepaikoille. Jos 250 kN:n akselipainon verkkoa ryhdyttäisiin laajentamaan, ei tarvitsisi myöntää em. poikkeuslupia ollenkaan. Tietyillä reiteillä ja tietyillä tuotteilla poikkeusluvalla kulkevia raskaampia kuljetuksia on jatkuvasti, mutta suurelta osin kuljetukset ovat satunnaisia. Radan ja kaluston kannalta olisi parempi nostaa rataverkko suunnitelmallisesti 250 kN:n akselipainolle. Suomen ja myös Venäjän tavaraliikenteen tilanne muuttuu kuitenkin koko ajan sekä satamien ja teollisuusyritysten tilanne on ajoittain epävakaa. /71/

3.10.2 Kotimainen 250 kN:n akselipainolle soveltuva kalusto

Joillain reiteillä ja tietyillä kuljetuksilla on tällä hetkellä käytössä jo vaunuja, jotka sallivat 250 kN:n akselipainot. Muilla kuin Kirkniemi–Hanko ja Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuuksilla vaunut kulkevat vajaakuormilla eli vaunuista ei vielä saada täyttä hyötyä. Yhteensä tällä hetkellä on käytössä 52 vaunua, jotka voivat täysin hyödyntää 250 kN:n akselipainoa. Suomessa on tällä hetkellä olemassa 301 vaunua, jotka sallivat 250 kN:n akselipainon. Koekäytössä on näiden 301 vaunun lisäksi kolme vaunua ja kokeiluun on tulossa neljä vaunua. Vaunuja, jotka sallivat 250 kN:n akselipainon, käytetään tai tarvitaan paperin, rikasteen, sahatavaran ja raakapuun kuljettamisessa sekä yhdistetyissä kuljetuksissa. Teräskelojen kuljettamiseen käytettäviä 250 kN:n vaunuja on suunnitelmissa hankkia vasta vuonna 2008. Vaunut tilataan ja tehdään asiakkaan tarpeiden mukaan. Vaunujen rakentaminen korkeammille akselipainoille maksaa huomattavasti enemmän. Vaunu mitoitetaan kokonaan uudelleen suuremmille akselipainoille. Mitoituksessa otetaan huomioon telit (pyöräkerrat), laakerit, jouset, jarrut, runko ja kuormatila (jykevämmät palkit ja kiinnitys). /71/

Paperikuljetukset

Rataosuudella Kirkniemi–Hanko käytetään paperirullakuljetuksiin korkeita Simn-t-siirtokatevaunuja, joiden suurin sallittu akselipaino on 250 kN (kuva 13). Vaunujen kori koostuu kiinteistä päätyseinistä, kahdesta alumiinirakenteisesta, siirrettävästä katteesta ja kiinteästä keskikaaresta /88/. Liikennöinti 250 kN:n akselipainon sallivilla vaunuilla aloitettiin vuonna 2002 ja rataosuudella on käytössä yhteensä 27 vaunua päivittäin. Simn-t-siirtokatevaunuja on olemassa 209, joista 182 vaunua käytetään vajaakuormilla. Vaunut on tyyppihyväksytty ja kokeet tehty. Näiden 209 vaunun lisäksi Simn-t-vaunuista on tällä hetkellä koekäytössä yksi uudella kateratkaisulla toteutettu vaunu. Vuonna 2006 pyritään tekemään kaksi uutta koevaunua. Vaunut ovat muuten lähes samanlaisia kuin Simn-siirtokatevaunut, mutta varustettu 250 kN akselipainon sallivilla K17-teleillä /82/. Vaunujen suurin sallittu nopeus on 100 km/h. Simn-t-paperinkuljetusvaunuissa on ollut joskus talvella ongelmia katteiden kanssa /65/. /71/



Kuva 13. Simn-t siirtokatevaunu. /83/

Paperikuljetuksissa suurin tarve 250 kN:n korotukselle on Jämsänkoski/Kaipola–Rauma-rataosuuksilla. Nykyään Jämsänkoski–Rauma-välillä kulkee päivittäin kolmesta neljään paperijunaa, joissa on mukana jo Simn-t-vaunuja vajaakuormilla. Seuraavaksi tärkeimmät kohteet 250 kN:n nostolle ovat Kuusankoski/Imatra–Kouvola–

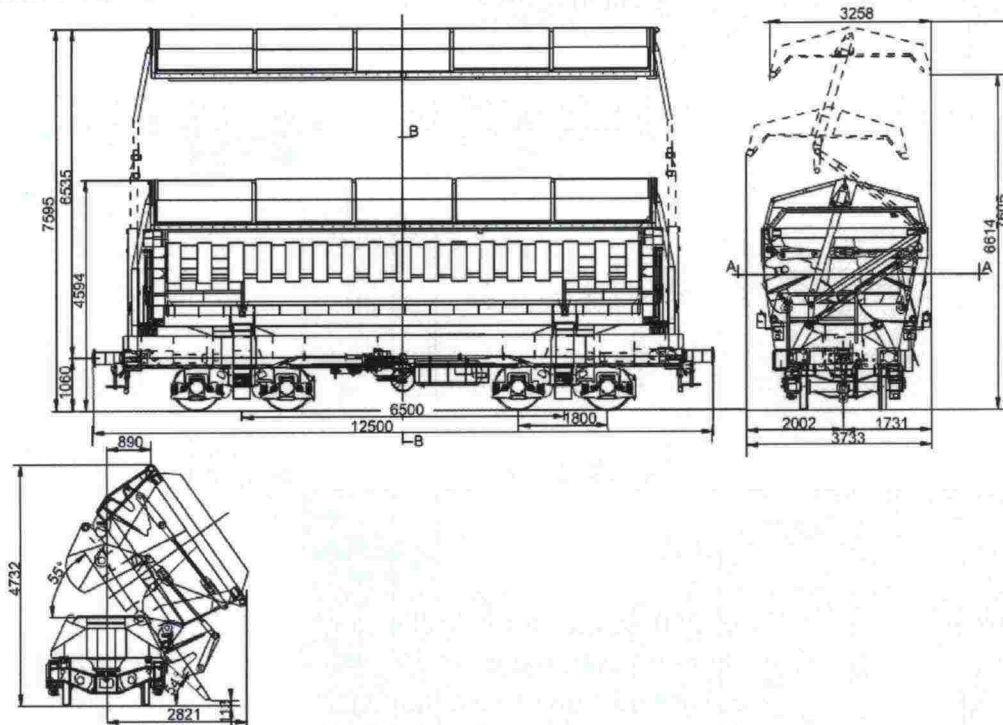
Kotka/Hamina-rataosuudet. Tällä hetkellä Simn-t-siirtokatevaunuja kulkee näilläkin rataosuuksilla vajaakuormilla. /71/

Rikastekuljetukset

Tällä hetkellä Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella käytetään kuparirikastekuljetuksiin Taimn-t-rikastevaunuja, joiden suurin sallittu akselipaino on 250 kN (kuva 14). Vaunuja on olemassa ja käytössä yhteensä 25 päivittäin. Liikennöinti 250 kN:n akselipainolla aloitettiin vuonna 2003. /71/. Taimn-t-vaunussa on ulkopuolisella purkulaitteella raiteen viereen kallistettava kuormatila. Kuormatilaa kallistettaessa sen purkupuolen sivuseinä avautuu kiskon pinnan tasoon ulottuvaksi purkuluiskaksi. Vaunu on varustettu hydraulisesti ylösnostettavalla katolla. Vaunun mitat ja toiminta näkyvät kuvassa 15. /89/



Kuva 14. Taimn-t -rikastevaunu. /77/



Kuva 15. Taimn-t -rikastevaunun mitat. /89/

Sahatavarakuljetukset

Sahat sijaitsevat ympäri Suomea ja usein sellu- tai paperitehtaiden yhteydessä. Sahoilta kuljetetaan sahatavaraa ympäri Suomea eri satamiin mm. Kotkaan, Loviisaan, Mäntyluotoon ja Kaskisiin. Tällä hetkellä on olemassa ja käytössä yhteensä 45 Habbin-sahatavaravaunua (kuva 16 ja kuva 17). Habbin-sahatavaravaunujen suurin sallittu akselipaino on 250 kN, mutta ne kulkevat tällä hetkellä vajaakuormilla. /71/. Vaunu on varustettu 4-osaisella nostokatteella, jotka koostuvat kattopalkkiin laakeroiduista teräsrungoista ja hihnoin tuetuista peitekankaista. Vaunun päädyt ja lattia ovat teräsrakenteisia ja lattia on päällystetty karhennusta sisältävällä pinnoitteella. /87/

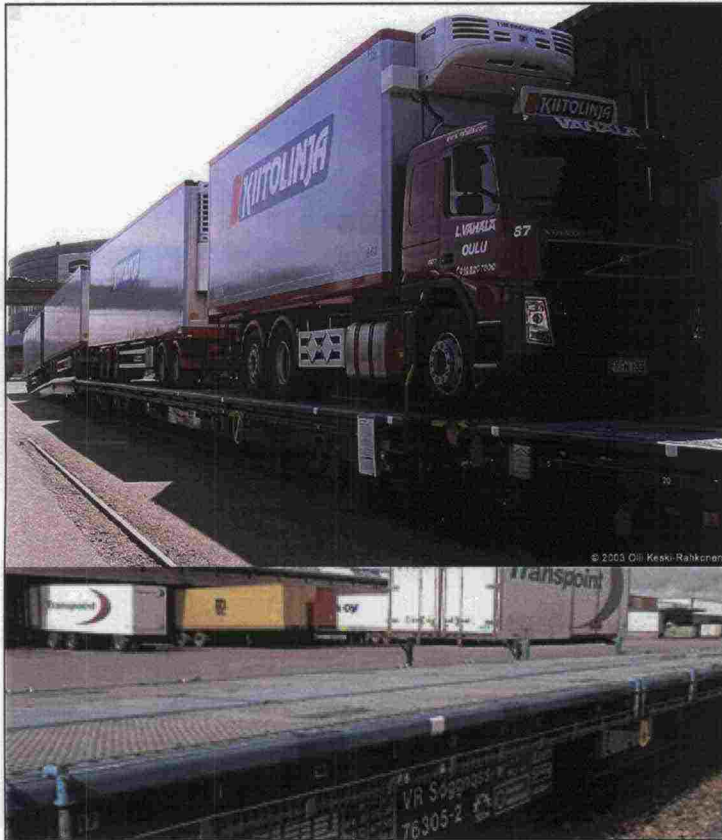


Kuva 17. Habbins-sahatavaravaunu. /83/

Yhdistetyt kuljetukset

Yhdistettyjen kuljetusten vaunuja käytetään rekkojen ja konttien kuljettamiseen. Pasila–Tampere–Oulu-välillä kuljetetaan tällä hetkellä vajaakuormia yhdistettyjen kuljetusten Sdgnqss-w-vaunuilla (kuva 18). Yhdistettyjen kuljetusten vaunuja on olemassa ja käytössä edellä mainitulla rataosuudella yhteensä 22, joten akselipainon nosto on tälle välille tärkeä. /71/. Helsinki–Tampere-rataosalle on avattu 250 kN:n akselipainon salliva liikenne syksyllä 2006. Valtakunnallisesti tärkeä Seinäjoki–Oulu-hankkeen ensimmäinen vaihe käynnistetään suunnitellusti vuonna 2007 /85/. Ensimmäisessä vaiheessa henkilöliikenteen nopeus nostetaan 160–200 km/h sekä tavaraliikenteen nopeus 80–100 km/h akselipainolla 250 kN /58/.

Yhdistettyjen kuljetusten vaunussa voidaan matalan lattiarakenteen ansiosta kuljettaa 4,2 metriä korkeita ajoneuvoja tai perävaunuja. Pyörälistien ajoneuvojen tuentaa varten vaunut on varustettu pyöräesteillä sekä konttien ja vaihtokorien tuentaa varten irrotettavilla konttilukoilla. /91/. Oulun seudulle avattiin vuonna 2004 logistiikkakeskus Oritkarin terminaalilla yhdistettyjen kuljetusten käyttöön. Tämä terminaalilla parantaa Oulun seudun elinkeinoelämää ja lisää yhdistettyjen kuljetusten tehokkuutta. /80/. Oritkarin terminaalissa on otettu käyttöön rekkavaaka, jolla saadaan rekan kuorman paino. Tästä kuormapainotiedosta on hyötyä junien lastauksessa. Vaunujen kuormaustapa on muutenkin erittäin tärkeä, koska vaunuihin ja rataan kohdistuvan kuormituksen tulee olla oikeanlainen. /71/



Kuva 18. Kuvia yhdistettyjen kuljetusten vaunusta, Sdggnqss-w. /82/, /91/

Raakapuukuljetukset

Suomessa raakapuun kuljetusverkko on hyvin laaja. Tällä hetkellä on kaksi uutta erilaista raakapuuvaunutyyppeä koekäytössä vuorotellen eri metsäyhtiöasiakkaille. Nämä uudet vaunut sallivat 250 kN:n akselipainon (kuva 19). Tällä hetkellä mietitään kuitenkin kannattaako hankkia uusia kalliita raakapuun kuljetusvaunuja, koska 250 kN:n verkko on epävarma. Uusien 250 kN:n raakapuuvaunujen rakentaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin 225 kN:n sallivien vaunujen. Lisäkustannuksia aiheutuu mm. Suomeen tehdyn muihin maihin nähden erilaisen telin jopa noin 50 % kalliimmasta hinnasta. Pitkällä tähtäyksellä saattaisi kuitenkin olla edullisempaa asiakkaille kuin myös operaattorille hankkia uusia raakapuuvaunuja, koska silloin niitä tarvittaisiin vähemmän. /71/.

Erityisenä ongelmana raakapuukuljetuksissa on kuormauksiin käytettyjen sivuraiteiden heikko rakenne. Raiteet sijaitsevat usein pienillä liikennepaikoilla eikä kunnollisista kuormaustermiinaaleista voida puhua. Raiteilla on usein ratanaulakiinnitykset, puurata-pölkkyt ja jopa K30-kiskot. Tällaisilla raiteilla 250 kN akselipainoisten vaunujen kuljettaminen, edes pienellä nopeudella, on kielletty. /70/



Kuva 19. Uusi koekäytössä oleva raakapuuvaunu. /90/

Muuta

Rautaruukki–Raahe–Hämeenlinna-reitille on tulossa koekäyttöön kaksi avonaista kela-vaunua. Kokeilulla pyritään siihen, että näiden vaunujen sarjavalmistus alkaisi vuonna 2008 ja toiveena olisi, että myöhemmin reitillä voisi kuljettaa teräskelarullia 250 kN:n akselipainolla. /71/

3.11 Tärinä

3.11.1 Yleistä

Raskaan tavaraliikenteen vaikutus tärinän aiheuttajana on kiistaton. Asia on todettu Suomessa tehdyissä mittauksissa. Muun muassa akselipainojen ja junan pituuden kasvattaminen lisäävät tärinää. Vaihtelevien paikallisten olojen takia kaikki tutkimustulokset eivät kuitenkaan ole yhdenmukaisia. /14/

Tärinälle on olemassa Suomessa vain ohjeelliset raja-arvot. Uusien ratojen maanvarainen perustaminen ja mahdollisesti tarvittavat vahvistus- tai pohjarakenteet on suunniteltava siten, että junaliikenteestä aiheutuvan tärinän voimakkuus on enintään 1,0 mm/s pystysuuntaisen heilahdusnopeuden maksimiarvolla ilmaistuna. Olemassa olevilla radoilla tärinästä aiheutuvien haittavaikutusten vähentämistoimenpiteisiin on ryhdyttävä, kun rakenteesta mitattu junaliikenteestä aiheutuvan tärinän voimakkuus on yli 3,6 mm/s rezultoivan heilahdusnopeuden maksimiarvolla ilmaistuna. Tärinä mitataan tällöin alle 10 Hz taajuusalueelta VTT:n julkaisun ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” mukaisesti. Tärinän ohjeelliset raja-arvot uusilla ja olemassa olevilla radoilla pätevät alueilla, joita käytetään asumiseen tai muihin maankäytöltään tärinähäiriöille alttiisiin tarkoituksiin. /41/. Tällä hetkellä ei ole tiedossa EU:n kautta tulevia pakottavia raja-arvoja. VTT:llä on käynnissä liikennetärinä tutkimus (LIIKEVÄ), joka tulee olemaan taustaselvitys tulevalle Suomen raja-arvon laadinnalle. Raja-arvoja ei tarkasteta, jos radan läheisyydessä ei ole tärinästä häiriintyvää maankäyttöä. Tällä hetkellä RHK tutkii vain aloitteiden ja valitusten perusteella tulevat tärinähaitat. /74/

Joillain Suomen rataosuuksilla on keskimääräistä suuremmat tärinähaitat. Merkittävimmät haitat esiintyvät yleensä rataosuuksilla, joilla on Suomen ja Venäjän välistä yhdysliikennettä esimerkiksi Riihimäki–Kouvola–Vainikkala, Kouvola–Kotka/Hamina, Toijala–Turku, Kerava–Sköldvik ja Kokkola/Raahe–Oulu–Kontiomäki–Vartius-rataosuuksilla. Suomen ja Venäjän välillä liikennöivät tavarajunat ovat kokonaisjunapainoltaan raskaimpia Suomen rataverkolla liikennöiviä tavarajunia, mikä on osasy

suureen tärinään. Tärinän kannalta ongelmallisimmissa kohteissa huomattavasti kevyemmät tavarajunat tai jopa yksittäiset veturit voivat myös aiheuttaa häiritsevää tärinää. /74/

Ei ole kuitenkaan tieteellisesti osoitettu, että pitkä juna aiheuttaisi lyhyttä junaa suurempaa tärinää. Tärinä vain on pitkäkestoisempaa ja siten tuntuu epämiellyttävämmältä kuin lyhytkestoinen tärinä. /70/

Matalataajuinen, alle 10 Hz tärinä johtuu pääsääntöisesti kaluston korin liikkeistä ja tällöin telin tai akselien kiinnitysrakenteilla on ratkaiseva vaikutus liikkeen suuruuteen. Myös kaluston kulkuominaisuuksilla on merkitystä liikkeen syntymiseen ja telin ominaisuuksilla on merkitystä liikkeen välittymisessä rataa. Erityisen ongelmallisia ovat ns. kolmiosisaiset telit, joiden keskiörakenne on sellainen, että se sallii vaunun korin varsin suuret liikkeet ja joiden epästabiilin kulun kriittinen nopeus on varsin alhainen. /70/

Suomen etelä- ja länsirannikon rataverkolla maaperätyypeistä savi on tärinän kannalta suurin ongelma, esimerkkinä Pohjanmaan rata (Helsinki–Tampere–Seinäjoki–Oulu). Muita ongelmallisia maaperätyyppejä ovat paikallinen turve ja saven sekainen siltti. Rantaradalla (Helsinki–Karjaa–Salo–Turku) on ongelmana vanhan merenpohjan lieju. /26/, /74/

3.11.2 Akselipainon noston vaikutus tärinään

Tärinälle alttiit rataosuudet otetaan akselipainojen nostossa huomioon ja varmistetaan, että tärinän raja-arvot eivät ylitä jo tiedossa olevilla ongelma-alueilla ja olemassa olevaan pohjatutkimustietoon perustuvilla pehmeikköalueilla. Tarvittaessa radan rakennetta vahvistetaan tai liikennettä rajoitetaan. /15/

Tärinän suuruuteen vaikuttavat monet asiat ja junan akselipaino on vain yksi niistä. On vaikea luotettavasti arvioida, määrittää ja tutkia, miten yksi asia vaikuttaa tärinään. Kokonaisuus ratkaisee tärinän suuruuden. Juuri akselipainon vaikutuksesta tärinään ei ainakaan Suomessa ole saatu yleispäteviä tutkimustuloksia. Suoraa yhteyttä näiden kahden välillä ei pystytä sanomaan. Tällä hetkellä 250 kN:n akselipainon sallivilla reiteillä Kirkniemi–Hanko ja Harjavalta–Mäntyluoto ei ole tullut valituksia, jotka voitaisiin yhdistää akselipainon nousun aiheuttamaan tärinän lisääntymiseen. Kirkniemi–Hanko-rataosuudella tehtiin yksi tärinäkoee Tammisaaressa, mutta siinä ei huomattu merkittäviä akselipainon aiheuttamia tärinävaikutuksia. Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuudella ei ole tehty mittauksia. Tulevia mittauksia akselipainon vaikutuksesta ei ole tiedossa työn tekohetkellä. /74/

Radan päällysrakenteen tärinän voimakkuuteen vaikuttavat kiskoon kohdistuvat dynaamiset pysty- ja vaakasuuntaiset voimat. Voidaan olettaa, että akselipainon nosto kasvattaa junakulusta aiheutuvia dynaamisia kuormia. Voimien suuruuteen ja siten tärinän suuruuteen vaikuttavat junan nopeus, junan akselipaino, akselien jousitus, junan pituus, radan rakenteen ominaisuudet, kaluston kunto ja erityisesti pyörän kunto ja kiskon kunto. Tärinän kokonaisvoimakkuuteen vaikuttavat edellä mainittujen lisäksi maapohjan ominaisuudet, junan kokonaispaino, ohituksen kesto ja akselipainojen tasaisuus. Pyörissä tai kiskoissa esiintyvä erityisen voimakas kuluneisuus, lovipyörät,

kiskon epäjatkuvuuskohdat, siltojen ja maapohjan siirtymävyöhykkeet, vaihteet sekä avoimet kiskonjatkokset voivat merkittävästi kasvattaa radan tärinän tasoa hyväkuntoiseen rataan ja kalustoon verrattuna. /26/, /27/, /74/

Tärinän kokonaisvaikutuksessa lovipyörän vaikutus on kuitenkin yksittäistä. Yksittäisten lovipyörien aiheuttama tärinä vaimenee nopeasti etäisyyden kasvaessa radasta. Jos kalustossa esiintyy merkittävää lovipyöräisyyttä, voi tästä aiheutuva tärinä olla huomattavaa etäämmälläkin radasta. Kaluston kunto on merkittävä tekijä tärinän voimakkuudessa. Kaluston kunto vaikuttaa tärinän voimakkuuteen erityisesti radan välittömässä läheisyydessä. Tärinän suuruuden paikallisiin vaihteluihin vaikuttavat liikkuvan junakaluston ja ratapenkereen ominaisuuksien lisäksi mm. pohjaolosuhteet, rakennusten perustamistapa, kerrosten lukumäärä ja rakennusten sijainti /14/. Radan rakenteille syntyvien ongelmien kannalta esimerkiksi pysyvien painumien yms. muodostumisessa tärinää merkittävämpiä asioita ovat akselipaino ja kaluston metri-paino. Tärinä voi vaikuttaa kuitenkin sähköratapylväiden suoruuteen. Tärinän vaikutus ulottuu myös laajemmalle kuin lähirakennuksiin. /74/

Venäläisen poikkeusluvalla kulkevan kaluston vaikutusta tärinään ei ole myöskään tutkittu, mutta siitä olisi mahdollista tehdä tutkimus. Venäläisessä kalustossa lovipyöräisyys on yksi ongelma, mutta kaluston jäykän telirakenteen aiheuttamat poikkeavat kulkuominaisuudet ja suuri kokonaisjunapaino vaikuttavat myös tärinään. Venäläisen liikenteen aiheuttamasta tärinästä on yhtä lailla vaikea eritellä akselipainon vaikutuksen osuutta. RHK:n on tarkoitus tulevaisuudessa selvittää Suomen ja Venäjän kaluston eroja tärinän aiheuttajana. /74/

Akselipainon noston vaikutus ei välttämättä ole yksin negatiivinen. Junasta aiheutuva tärinä on pistemäistä, joten tärinän vaikutusalue pienenee junan lyhentyessä. Tärinä kasvaa akselipainon noustessa vain aivan radan läheisyydessä. Akselipainon kasvaessa kokonaisjunapaino ei välttämättä kuitenkaan kasva, vaan saattaa jopa pienentyä, jos juna lyhenee. Akselipainon noustessa juna yleensä lyhenee. Akselipainon noston vaikutusta tärinän suuruuteen on kuitenkin hankala määrittää. /74/

3.11.3 Tärinän mittaaminen

Tärinän vaimentaminen tai sen leviämisen estäminen on yleensä parasta tehdä mahdollisimman lähellä tärinän syntyä. Tärinän vaimentamista suunniteltaessa paikalliset olot on tunnettava erittäin hyvin. Kaiken tärinän poistaminen on taloudellisesti ja teknisesti käytännössä mahdotonta. /14/

Yhteispohjoismaisen tärinätutkimuksen ”Joint Nordic Railway Vibration Research Project–NORDVIB” yhteydessä kehitettiin tärinän arviointiin Norjalainen Madshusin malli, jolla voi laskea myös akselipainon noston vaikutusta tärinään. Malli perustuu mittauksiin Ruotsissa ja Norjassa /26/. Madshusin malli kalibroitiin Seinäjoki–Oulurataosuudella tehtyjen tärinämittausten perusteella vastaamaan alueen maaperäolosuhteita. Madshusin mallissa käytettävien parametrien määrittäminen kohtalaisella tarkkuudella on melko yksinkertaista. /74/

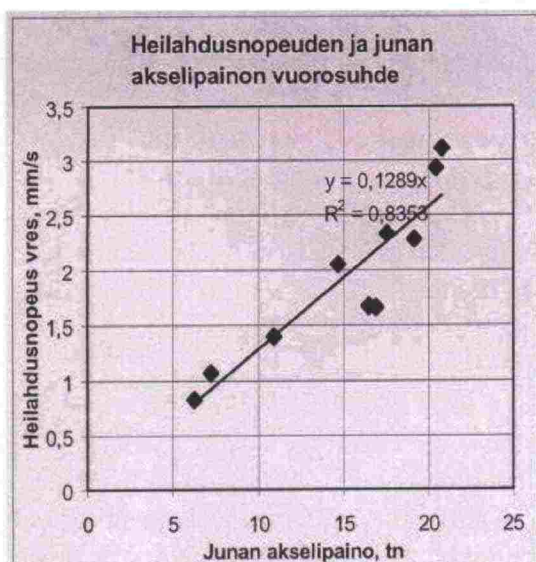
Tärinän laskennassa Madshusin mallilla voidaan tehdä myös mittauksia. Tehdyissä tarkasteluissa on mitattavista junista selvitettävä vähintään junanumerot, kulkusuunnat

ja aikataulut, junatyypit, kokonaispainot, pituudet, akselien lukumäärät ja akselipainot. Akselipaino määritetään keskimääräisenä akselipainona kokonaispainon ja akselien lukumäärän avulla ottamalla huomioon mahdollisen keveyden, esimerkiksi nk. suoja-vaunujen vaikutus. Mitatut junat kootaan yhteenvetotaulukkoon, jossa on päivämäärä, kellonaika, nopeus ja edellä mainittuja junista selvitettäviä tietoja. Mittaustuloksista poimitaan mitattujen rakennusten huippuarvot yhteenvetotaulukkoon (esimerkkinä taulukko 17), mistä nähdään akselipainon vaikutus. Kuvassa 20 nähdään esimerkki heilahdusnopeuden ja junan akselipainon riippuvuudesta. /26/. Mallin toiminta on kuvattu perusteellisesti julkaisussa ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin–vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen”.

NORDVIB-tutkimusprojektin tuloksien sopivuus Suomeen ei ole välttämättä yksiselitteistä Suomen poikkeuksellisen hankalien olojen takia. Poikkeukselliset olot johtuvat venäläisestä raskaasta ja vanhasta vaunukalustosta sekä maaperäolosuhteista. Tärinä ei ole muissa Pohjoismaissa yhtä suuri ongelma kuin Suomessa. Norjalaisessa mallissa raja-arvojen ja tarvittavien tärinän vaimentamistoimenpiteiden määrittämisessä käytetään lähtökohtana tärinän häiritsevyyttä radan lähialueilla. Suomessa RHK:ssa tärinän raja-arvojen määrittämisen lähtökohtana on tärinän vaikutus rakennusten rakenteisiin, joka on suuruusluokaltaan kymmenkertainen siihen verrattuna, minkä suuruisen tärinän ihminen kokee häiritseväksi. VTT:llä on ollut vuodesta 2005 kehitteillä TREMOR-ohjelmisto tärinän mallintamiseen. Tavoitteena olisi, että myös kaavoittajat ottaisivat ohjelmiston käyttöön. /74/

Taulukko 17. Esimerkki mitattujen rakennusten tärinän huippuarvoista koottuna yhteenvetotaulukkoon. /26/

Kohde		Junatiedot					Mittaustulokset			
Nro	Etäisyys rataan (m)	Suurimman tärinän aiheuttanut juna	Kokonais-paino (kN)	Akseli-paino (kN)	Pituus (m)	Nopeus (km/h)	Suurin heilahdus-nopeus, \hat{v}_{res} (mm/s)	Dominoiva taajuus, f (Hz)	Suurin kiihtyvyys, \hat{a}_{res} (m/s ²)	Suurin siirtymä, \hat{x}_{res} (mm)
6	39	T5053, 17.4.2001 klo 17:40	51 330	205	875	60,7	3,25	7,1	0,19	0,051
12	65	T5053, 2.4.2001 klo 17:51	50 250	200	715	65,6	1,86	6,9	0,09	0,027
19 pää-rak.	45	T5053, 1.4.2001 klo 18:17	49 750	198	805	66,6	2,03	6,6	0,11	0,044
19 siipi-osa	40	T5053, 1.4.2001 klo 18:17	50 560	201	875	66,6	2,95	6,9	0,16	0,053
32	50	T5053, 20.4.2001 klo 17:50	51 400	205	805	67,9	2,10	7,8	0,15	0,039



Kuva 20. Heilahdusnopeuden ja junan akselipainon riippuvuus. /26/

3.11.4 Tärinän poistaminen

Tärinän vaikutuksia vanhoilla radoilla vähennetään tällä hetkellä vain yhdellä keinolla, nopeusrajoituksilla. Edes kalustolle ei ole vielä määritetty rajoituksia. Nopeusrajoitukset kohdistuvat lähes poikkeuksetta venäläiseen kalustoon esimerkiksi siten, että venäläinen kalusto saa kulkea enintään 60 km/h ja muu liikenne enintään 80 km/h. Tämä johtuu siitä, että nykyinen junankulunvalvontajärjestelmä mahdollistaa tärinästä aiheutuvan nopeusrajoituksen asettamisen ainoastaan junille, joiden kokonaisjunapaino on vähintään 30 000 kN. Käytännössä raja-arvon ylittävät junat ovat luultavasti kaikki venäläisiä lukuun ottamatta Raahen ja Hämeenlinnan välillä liikennöivää teräsrullajunaa. Pistemäisiä nopeusrajoituksia on tällä hetkellä 12 rataosuudella. Turku-Toijala-välille on tulossa uusi nopeusrajoitusalue. Tarpeita rajoituksille olisi enemmän, mutta tilannetta ei ole vielä kartoitettu. Lähivuosien tavoitteena olisi kartoittaa nopeusrajoitustarpeet. Ongelmana on, ettei Suomessa ole vielä hyviä maan oloihin sopivia laskennallisia menetelmiä. Nopeusrajoituksien haittavaikutukset vaihtelevat raiteiden ja ohituspaikkojen määrän, aikataulujen sekä liikennemäärän mukaan. Nopeusrajoitukset aiheuttavat liikennöitsijälle kustannuksia ja vaikuttavat haitallisesti ratakapasiteettiin. Liikennöitsijälle aiheutuvat kustannukset koostuvat mm. kalustovuokrasta ja veturien pidemmistä kiertoajoista. Nopeusrajoituksien asettamiselle ei ole määritetty mitään keskimääräisiä kustannuksia, mutta esimerkiksi Oulun lähellä yhden kilometrin matkalle malmijunille asetetun 40 km/h nopeusrajoituksen 80 km/h -nopeusrajoitusalueella on laskettu maksavan liikennöitsijälle 5 000–10 000 euroa vuodessa. Tätä kustannusta ei voi verrata muihin rataosiin esimerkiksi Toijala-Turku-välille. /74/

Koekohteet

Tärinää voidaan poistaa tai vähentää myös teknisillä toimenpiteillä. Luultavasti pelkkä akselipainon korotus ei anna aihetta toteuttaa tällaisia toimenpiteitä. Tärinän poistamista teknisillä toimenpiteillä olemassa olevilla radoilla on tutkittu tai tutkitaan parhaillaan muutamalla eri menetelmällä kolmessa koekohteessa. /74/

Koe vaimentamistoimenpiteen vaikutuksesta tärinään on aloitettu vuoden 2006 alussa Lahden ja Kouvolan välillä Korialla. Kokeessa syvästabiloidaan pilariseinämää radan rakenteen sivuun pehmeään pohjamaahan, tässä tapauksessa saveen. Pilarit ovat halkaisijaltaan 80 cm. Kokeessa käytetään kahta koerakennetta, joissa käytetään kahta eri pilarointikuviota ja kahta eri pilarikorkeutta 15 m ja 21 m. Koealue on yhteensä 400 metriä pitkä. Kokeessa pyritään kehittämään tärinän mallintamiseen numeerinen malli eri pilarointikuvioiden tärinävaikutusten mittausten avulla. Tämän koerakenteen keskimääräinen kustannusarvio on noin 2 000 €/m. /74/

Vuonna 2005 marras-joulukuussa Loimaan läheisyydessä tehtiin koe teräsponttiseinän vaikutuksesta tärinään. Teräslankut olivat 8–10 metriä korkeita ja ne sijoitettiin kaivantojen tukiseiniksi radan rakenteen sivuun pehmeään pohjamaahan. Kokeen tulokset näyttivät lupaavilta. Vuonna 2006 elo-syyskuun vaihteessa on tarkoitus tehdä 300 metrin teräsponttiseinäkoe samalla periaatteella kuin vuonna 2005 tehtiin. Maaperäolot ovat samanlaiset molemmissa koepaikoissa. Teräsponttiseinärakenteen keskimääräinen kustannusarvio on 1 000 €/m. Teräsponttiseinä soveltuu parhaiten savi- tai siltti-pohjamaalle. Seinän vaikutuksia turpeella ei ole testattu eikä ole tiedossa, että testattaisiin. /74/

Yksi koe tehtiin vuonna 2004 Kerava–Sköldvik-rataosuudella Nikkilässä. Tärinää yritettiin vähentää tukikerroksen alle laitettavalla asfalttikerroksella. Tukikerroksen alle levitettiin noin 8 cm asfalttikerros kahteen kertaan eli yhteensä asfalttia levitettiin noin 16 cm. Asfalttikerroksen alta komposiittistabiloitiin 40 cm rakennekerrosta. Kokeessa tutkittiin, kuinka asfaltti ja sen paksuus vaikuttavat tärinään. Eri paksuisilla asfalteilla ei ollut vaikutusta. /74/

Syvästabiloinnin ja teräsponttiseinämän lisäksi radan perustaminen paaluille vähentää tärinää. Paaluille perustaminen poistaa tärinän käytännössä lähes kokonaan. Paaluille perustaminen on kallista, keskimääräinen kustannusarvio 5 000 €/m olemassa olevilla radoilla. Menetelmä soveltuu paremmin uusille radoille. Uusillakin radoilla menetelmä on kalliimpi kuin muut aikaisemmin käsitellyt menetelmät, keskimääräinen kustannusarvio on 3 000 €/m. Seinäjoki–Oulu-rataosuudelle on esitetty, että perusparantamisen yhteydessä tärinää vaimennettaisiin paikoin paaluperustuksilla. Kerava–Lahti-rataosuudella (Oikorata) tärinän vaimentamiseksi on käytetty joillekin alueille tihennettyä syvästabilointia tai paaluperustusta. Oikoradalle ei tarvitse tärinän takia asettaa piste-mäisiä nopeusrajoituksia. /74/

4 LUUMÄKI-IMATRA-RATAOSUUDEN TARKASTELU

4.1 Yleistä

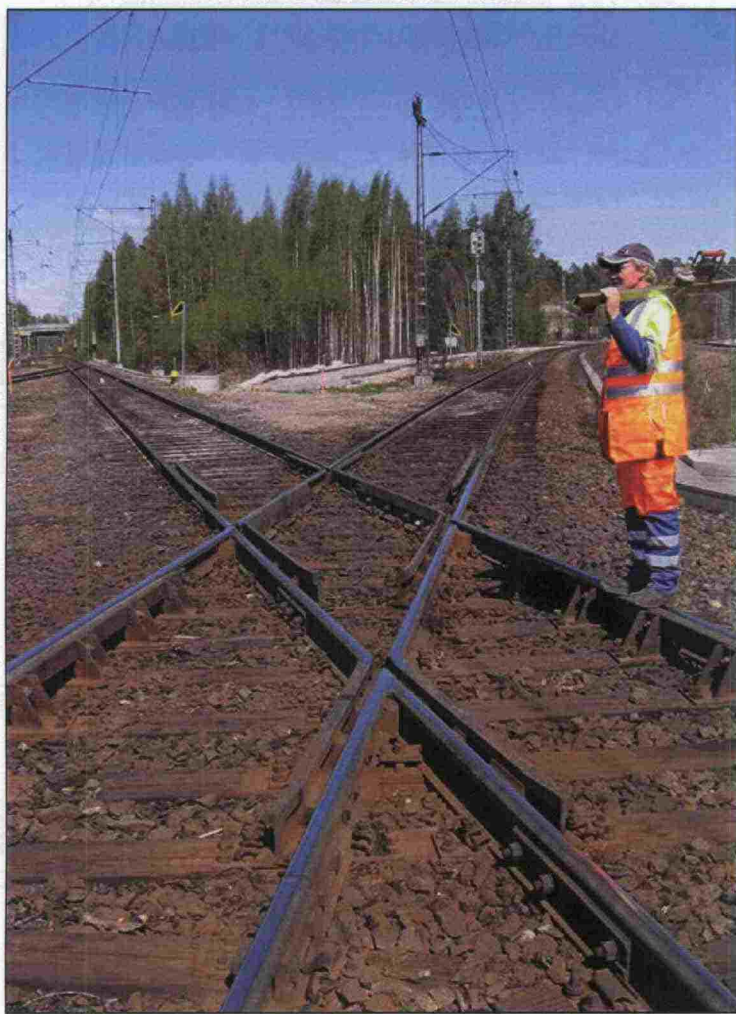
4.1.1 Luumäki-Imatra-rataosuus

Kaakkois-Suomen rautateiden tavaraliikenteen tilanteesta, johon kuuluu mm. Luumäki-Imatra-rataosuus, on tehty nykytilanteen kartoitus "Rautateiden tavaraliikenteen muutosten hallinta Kaakkois-Suomessa. Nykytilanteen kartoitus." (2005) sekä suositus Kaakkois-Suomen rataverkon kehittämisen toimenpideohjelmaksi "Kaakkois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen" (2005). Selvitysten tavoitteena oli arvioida Kaakkois-Suomen rataverkon ja tavaraliikenteen nykytilaa sekä vuoteen 2025 ulottuvia kuljetusten kysynnän muutoksia. Erityisesti jälkimmäisen selvityksen tavoitteena oli myös määrittää konkreettiset rataverkolla tapahtuvan kasvavan tavaraliikenteen ja suunnitellun henkilöliikenteen tarjonnan edellyttämät toimenpiteet tavaraliikenteen toimivuuden varmistamiseksi ja kilpailukyvyn parantamiseksi. Näiden selvitysten lisäksi Etelä-Karjalan liitto on tehnyt selvityksen "Rautateiden tavarakuljetusten kehitysnäkymät ja Etelä-Karjalan logistinen asema" (2006). Projektissa selvitettiin, mitä liikenteellisiä vaikutuksia Kaakkois-Suomen rautateiden raja-asemien tavaraliikenteen kehityksellä ja mahdollisilla reittien siirtymisillä on. Selvitys perustuu suurelta osin aikaisemmin mainittuihin selvityksiin. Luumäki-Imatra-välistä on tehty myös teknisiä selvityksiä; Luumäki-Imatra-kaksoisraideselvitys ja 25 t akselipainoselvitys, jossa on käsitelty Luumäki-Lauritsala-osuutta. Teknisistä selvityksistä löytyy tietoa akselipainon nostosuunnitelmista.

Luumäki-Imatra-rataosuus on 65 km pitkä (ratakilometrit 250+540–326+542), yksi-raiteinen ja sähköistetty D-luokan rata. Rataosan kunnossapitotaso on 1 ja suurin sallittu nopeus on 140 km/h. Tavaraliikenteen suurin sallittu akselipaino on 225 kN. Rataosalla on 10 ratapihaa; Luumäki, Rasinsuo, Törölä, Tapavainola, Lappeenranta, Lauritsala, Muukko, Joutseno, Rauha, Imatra ja Imatra Tavara. Rataosuudella on viisi tasoristeystä, joista yksi on ilman varoituslaitteita. Osuus on kaksisuuntaisesti suojastettu ja kauko-ohjattu. Suojastus on toteutettu Luumäki-Lappeenranta-rataosuudella raidevirtapiiriin perustuvalla asetinlaitteella, jonka ikä on noin 40 vuotta. Lappeenranta-Imatra-rataosuudella suojastus on toteutettu akselinlaskentatekniikalla toteutetulla tietokone-asetinlaitteella, joka on valmistunut vuonna 2003. Osuuden kauko-ohjaus tapahtuu Kouvolasta käsin. JKV:n tiedonsiirtoetäisyys on 2400 m. /12/

4.1.2 Imatran tavara-asema

Imatran tavara-aseman ratapiha on merkittävä tavaraliikenteen järjestelyratapiha, jolta lähtevät raiteet Harakan ratapihalle ja Joensuuun (kuva 21) sekä Imatrankosken raja-asemalle ja Luumäkeen (kuva 22). Harakan ratapihan kautta pääsee Stora Enson paperi- ja sellutehtaille ja se toimii tehtaiden tuotantokuljetusten luovutusratapihana. Ratapihan kuljetukset ovat pääosin metsäteollisuuden kuljetuksia, joten ratapiha on vilkkaimmillaan kevättälvella maaliskuun ja toukokuun välissä, kun raakapuuta liikkuu eniten. Ratapihalla on parhaillaan käynnissä muutos- ja korjaustöitä (kuva 23), joilla pyritään parantamaan ratapihan raiteistomalliin ja turvalaite-tekniikkaan liittyneitä ongelmia. /12/. Ratapihan tuleva muoto sekä muut Luumäki-Imatra-rataosuuden ratapihat on esitetty liitteissä 2.1–2.21.



Kuva 21. Imatran tavara-asemalta raideristeys vasemmalle Harakan ratapihalle ja oikealle Itä-Suomen suuntaan.



Kuva 22. Imatran tavara-asemalta raideyhteys vasemmalle Imatrankoskelle ja oikealle Luumäen suuntaan.



Kuva 23. Imatran tavara-aseman korjaustöitä.

4.2 Nykytilanne ja liikenteen kehitysnäkymät

4.2.1 Kuljetukset

Yleistä

Suurimmat välityskykyongelmat Kaakkois-Suomessa esiintyvät Kouvola–Luumäki-rataosuudella. Ne johtuvat enimmäkseen vilkkaasta tavaraliikenteestä Kouvolan ja Vainikkalan välillä, suurista kokonaisliikennemääristä ja junien keskinäisistä nopeuseroista. Ongelmia aiheuttavat myös yksisuuntainen suojastus, raiteenvaihtopaikkojen puute, paikallisesti ohjattavat ratapihat sekä Taavetin lähistöllä oleva vaikea nousu, johon juuttuu idästä päin tullessa noin kerran kuukaudessa juna. /12/

Toinen välityskyvyltään ongelmallinen väli on Luumäki–Imatra-rataosuus, joka on tämän työn kannalta tärkeä. Luumäki–Imatra-rataosuus kuuluu kiireellisimpiin akseli-painon nostoa tarvitseviin rataosuuksiin (Liite 1). Tällä rataosalla on erittäin suuret liikennemäärät yksiraiteisen rataosan välityskykyyn nähden. Luumäki–Imatra-rataosuudelta Joutseno–Imatra-väli on ongelmallisin. Koko rataosuuden välityskyky on tosin parantunut viime aikoina kauko-ohjauksen ja suojastuksen käyttöönoton myötä. /12/

Nykyiset kuljetukset

Kaakkois-Suomen suurimmat tavaravirrat ovat tuonti- ja transitokuljetukset Vainikkalasta eteläiseen Suomeen. Luumäki–Imatra-rataosuudella suurimpia tavara-virtoja aiheuttavat Imatrankosken, Vainikkalan ja Niiralan kautta Suomeen tulevat raakapuukuljetukset Simpeleen, Imatran, Joutsenon, Lauritsalan, Lappeenrannan, Kuusankosken ja Uimaharjun metsäteollisuuslaitoksille. Tavaravirtoja aiheuttavat myös teollisuuslaitoksien tuotekuljetukset kotimaahan ja vientiin. /12/

Raakapuuliikenteen järjestelmä toimii omana itsenäisenä kokonaisuutena. Luumäki–Imatra-rataosuudella on ratapihoja, jotka palvelevat joko kaikkea liikennettä tai vain tiettyjä asiakkaita. Rataosuuden läheisyydessä on paljon merkittäviä raakapuuliikenteen asiakkaita. Suuria tehtaita alueella ovat Stora Enso Imatran tavara-aseman läheisyydessä, Imatra Steel Imatrankoskella, M-Real ja Metsä-Botnia Joutsenossa ja UPM Kymmene Lauritsalassa. Tehtaita on myös muualla Kaakkois- ja Itä-Suomessa, mikä lisää Luumäki–Imatra-rataosuuden tavaraliikennevirtoja. /12/

Seuraavassa taulukossa on esitetty Luumäki–Imatra-rataosuuden matkustajamäärät, liikennemäärät ja kuljetetut tonnit. Tavarajunien ja henkilöjunien vuorokausiliikennemäärät perustuvat vakinaisten junien määrään keskiviikkoisin vuoden 2006 tammi-kuusta lähtien. Keskiviikko on jonkinlainen keskivertopäivä junamäärissä. Vuorokausiliikenteen perusteella voidaan vuoden keskimääräiseksi junamääräksi laskea tavaraliikenteelle 18980 ja henkilöliikenteelle 5110. /39/

Taulukko 18. Luumäki–Imatra-rataosuuden liikennemäärät ja kuljetetut tonnit. /39/

Rataosuus	Pituus (km)	Matkustajia (2005)	Tonnit (2005)	Tavarajunia (kpl/vrk)	Henkilöjunia (kpl/vrk)
Luumäki–Lappeenranta	27	725 000	3 500 000	52	14
Lappeenranta–Imatra	39	490 000	3 900 000	52	14

Tavallisessa tavaraliikenteen vuorokauden ohjelmassa asiakkaat kuormaavat vaunut päivän aikana, päivystäjä muodostaa niistä veturin avulla junan ja juna lähtee illalla liikkeelle. Aamuksi asiakkaalle toimitetaan tyhjät vaunut tilalle. Joillakin liikennepaikoilla vaunukierro voidaan tehdä monta kertaa vuorokauden aikana. /12/. Siirryttäessä korkeampiin akselipainoihin ja 250 kN:n akselipainon sallivaan kalustoon vaunukierro ja vaunujen kokoaminen nopeutuu, helpottuu ja tehostuu, mistä on hyötyä sekä asiakkaalle että operaattorille ja rataverkon omistajalle.

Tavaraliikenteen kehitys

Raakapuun tuonnin kasvu jatkuu nopeana ainakin vuoteen 2010 saakka, minkä jälkeen kehityksen suunta on epävarmaa. Yleisesti tuonnin kasvun arvioidaan kuitenkin jatkuvan. Viime vuosina eniten ovat kasvaneet Venäjän tuonnin rautatiekuljetukset ja vesikuljetukset Saimaan kanavaa pitkin. Kuljetustavan valinta perustuu kuljetuskustannuksiin, jotka ovat vastaavasti riippuvaisia puun hankinta-alueista ja määräpaikoista Suomessa. Keskeinen kuljetustapojen markkinaosuuksien kehitykseen vaikuttava kysymys on, jatketaanko Saimaan kanavan vuonna 2013 päättyvää vuokrasopimusta. Kotimaan rautatiekuljetusten määrän kehitys on riippuvainen ennen kaikkea kuljetustapojen välisen hintakilpailukyvyyn kehityksestä, sillä kuljetusten kokonaisvolyyymi ei voi enää merkittävästi kasvaa metsien rajallisten hakkuumahdollisuuksien vuoksi. Yleensä ottaen voidaan arvioida, että rautatiekuljetusten kilpailukyky säilyy hyvänä. Raakapuun tuonnin jatkumiseen pitkällä aikavälillä vaikuttavat mm. kysymykset paperintuotannon kasvusta Suomessa ja tulevatko metsäyhtiöt investoimaan käyttämättömiä raaka-ainevaroja Suomen sijaan muualle, esimerkiksi Venäjälle. Suomeen ei ole suunnitteilla uusia kemiallisen metsäteollisuuden tuotantolaitoksia. Sen sijaan nykyisiä tuotantolaitoksia ajanmukaistetaan, minkä johdosta tuotantoa voidaan kasvattaa huomattavasti tulevaisuudessa. Pitkällä aikavälillä on otettava huomioon myös itäisen yhdysliikenteen kilpailun mahdollinen vapautuminen, mikä toteutuessaan todennäköisesti parantaisi edelleen rautatiekuljetusten kilpailukykyä raakapuun kuljetuksissa. /9/

Raakapuun rautatiekuljetusten tuonti tulee painottumaan tulevaisuudessa yhä selkeämmin Imatrankosken reitille /9/. Myös tuleva Helsingin ja Pietarin välinen nopeampi ja tiheämpi henkilöliikennejunayhteys saattaa siirtää tavaraliikennettä entisestään Vainikkalasta Imatrankoskelle. Tavaraliikenteen siirtyminen Imatrankoskelle ei kuitenkaan olisi Suomen kannalta kannattavaa. /12/

4.2.2 Kalusto

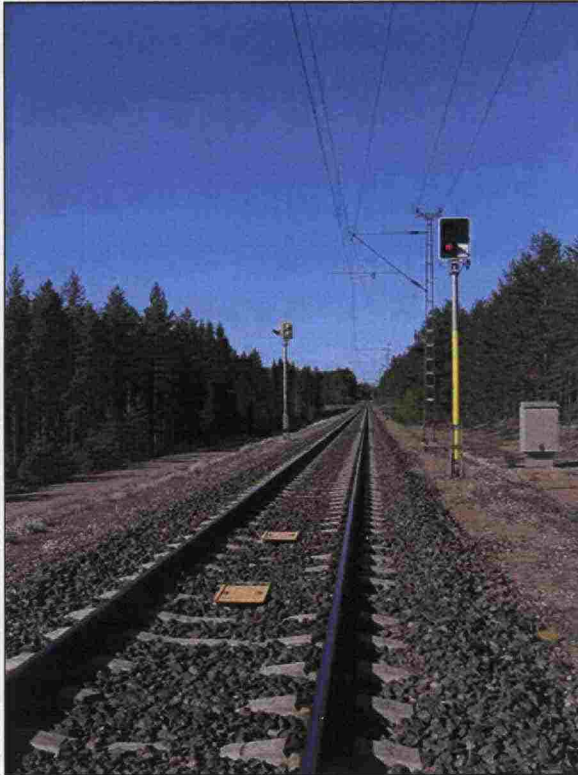
Luumäki–Imatra-rataosuudella liikennöidään erilaisilla lähinnä metsäteollisuuden tuotteiden kuljettamiseen käytettävillä vaunuilla. Kuusankoski/Imatra–Kouvola–Kotka/Hamina-rataosuuksilla on tällä hetkellä käytössä paperikuljetuksiin osittain

250 kN:n akselipainolle soveltuvia Simn-t-siirtokatevaunuja vajaakuormilla. Raakapuukuljetuksissa käytetään kevyemmille akselipainoille soveltuvia vaunuja. Raakapuun kuljetuksista on kerrottu aikaisemmin. Tällä hetkellä on kaksi uutta erilaista raakapuuvaunutyyppiä koekäytössä vuorotellen eri metsäyhtiöasiakkailla. Tähän mennessä asiakkaiden mielipiteet ovat olleet yleisesti positiivisia ja uusia vaunuja toivotaan liikenteeseen mahdollisimman nopeasti /55/. Yleisesti mietitään, kannattaako hankkia uusia kalliita raakapuun kuljetusvaunuja, koska 250 kN:n verkko on epävarma. /71/. Tilanne on sama esimerkiksi Luumäki–Imatra-rataosuudella, koska hyödyt näistä vaunuista saavutettaisiin vasta kun 250 kN:n akselipainon verkko ulottuisi ainakin Kymenlaakson satamiin ja Kuusankoskelle sekä Imatran tavara-asemalta Imatran-koskelle sekä metsäteollisuuden yksityisille raiteille ja ratapihoille. Raakapuutavaran kuljetus on kuitenkin vilkasta Kaakkois-Suomessa, joten uusien vaunujen valmistus ja käyttöönotto voi tapahtua jo lähitulevaisuudessakin.

Akselipainojen korottaminen 250 kN:iin tarkoittaa käytännössä sitä, että esimerkiksi 4-akseliseen paperivaunuun voidaan lastata 10 tonnia enemmän tavaraa kuin 225 kN:n vaunuihin. Silloin kuljetuksissa tarvitaan nykyistä vähemmän vaunuja. Silloin vaunujen pääomakustannuksissa ja junien vetokustannuksissa saadaan säästöjä. Kustannussäästöjä syntyy myös asiakkaalle vaunujen lastaus- ja purkaustyössä, koska työhön kuluva aika lyhenee. /9/

4.2.3 Radan päällysrakenne

Luumäki–Lappeenranta-rataosuuden päällysrakenne on uusittu vuonna 2004. Vaihteita ei tuolloin vaihdettu, mutta tukikerrossepeli puhdistettiin ja pengertettiin vähintään 6 metrin leveyteen. Lappeenranta–Imatra-välin päällysrakenne on uusittu vuonna 2000, mutta välillä ei uusittu vaihteita eikä seulottu sepeliä. Vuonna 2000 puhdistettiin sepeli ainoastaan Lappeenrannan uusitun asemalaiturin kohdalla. Imatran Mansikkakosken tai Joutsenon (levypalkki) silloilla ei ole uusittu kiskoja, liikuntalaitteita eikä pölkköjä. Saimaan kanavan sillalle ei ole tehty päällysrakenteen uudistusta, mutta kiinnitysosia, aluslevyjä ja liikuntalaitteita on korjattu ja/tai vaihdettu /61/. Vaihteet uusittiin Joutsenossa vuosina 2001–2002, Rauhassa ja Lauritsalassa vuonna 2003 sekä Imatran tavara-asemalla uusittiin vaihteita vuonna 2002 turvallisuus-investointina. Vuoden 2006 syksyllä uusittiin Joutsenossa Pappilankankaan linjavaihde. Joutsenon ja Lauritsalan ratapihojen uudistus on käynnissä vuonna 2006. Imatran tavara-aseman uudistustyöt ovat myös käynnissä vuonna 2006 ja valmistunevat 2007. /62/. Seuraava kuva on Luumäen läheisyydestä Lappeenrannan suuntaan mentäessä. Kuvassa näkyy kuinka hyvää rata paikoittain on. Luumäki–Imatra-rataosuus on yleisesti hyväkuntoista rataa (kuva 24). Päällysrakenteelle ei tarvitse tehdä mitään suuria toimenpiteitä, koska se ei ole tarkasteltavalla rataosuudella ongelmana korkeampien akselipainojen käyttöönotossa. Suurempana esteenä akselipainon nostolle ovat sillat ja mahdolliset pohjanvahvistustarpeet.



Kuva 24. Luumäen ja Lappeenrannan välissä olevaa hyväkuntoista rataa.

Tärinä

Luumäki–Imatra-rataosuudella on tehty keväällä 2006 kaksi tärinämittaushetkeä. Uusia mittauksia ei ole tiedossa, koska Luumäki–Imatra-rataosuus ei tärinän suhteen ole muutenkaan kovin ongelmallinen. /74/

4.2.4 Luumäki–Imatra-rataosuuden kehittämistavoitteet

Kaakkois-Suomen kehittämishankkeen yhteydessä tehtyjen toimivuustarkastelujen mukaan Kaakkois-Suomen rataverkolle tulisi jäädään Lahti–Vainikkala-välin tasonnoston toteuttamisesta huolimatta merkittäviä välityskykyongelmia. Vuonna 2007 käynnistyy Lahti–Luumäki-rataosuuden parantaminen /85/. Pahin lähivuosisien pullonkaula tulee olemaan Luumäen ja Imatran välillä. Lisääntyviä välityskykyongelmia tulee esiintymään myös mm. Imatran ja Imatrankosken välillä. Jos rataverkolla ei tehdä pikaisia välityskyvyn parantamistoimenpiteitä, vaikeutuu tavaraliikenteen hoito, viivytykset lisääntyvät ja pahimmassa tapauksessa joudutaan rajoittamaan tavaraliikenteen kasvua. /9/

Välityskyvyn parantamisen lisäksi on huolehdittava myös rautatiekuljetusten kilpailukyvyn säilymisestä ja kehittämisestä. Liikennöitsijät ja asiakkaat pitävät tärkeänä, että tulevaisuudessa voitaisiin hyödyntää 250 kN:n akselipainoa Imatralta ja Kuusankoskelta Kotkan ja Haminan satamiin sekä liikennöidä pitkillä 1100 metrin junilla raja-asemilta Kouvolaan ja Kymenlaakson satamiin tapahtuvissa metsäteollisuuden tuotekuljetuksissa. /9/

Luumäki–Imatra-rataosuuden kehittämistavoitteita ovat mm. /9/

- poistaa yhteysvälin tavara- ja henkilöliikennettä haittaavat välityskykyongelmat ja parantaa rautatiekuljetusten kilpailukykyä.
- mahdollistaa rautatiekuljetusten kasvu Imatrankosken raja-aseman kautta ja välttää siten korvaavien kuljetustapojen aiheuttamat haitat liikenneturvallisuudelle ja ympäristölle.

Suurin, tärkein ja kiireellisin toimenpide, minkä tavoitteiden saavuttaminen edellyttää, on Luumäki–Imatra-kaksoisraiteen rakentaminen, jonka kustannusarvio on 123 M€ (vuoden 2002 hintatason mukaan). Kustannusarvio edellyttää, että akselipainon nosto 250 kN:iin toteutetaan rataosuudella erillishankkeena, jonka kustannusarvio on 12 M€. Suurimman sallitun akselipainon korotus 250 kN:iin on tavoitteena toteuttaa Imatra/Kuusankoski–Kouvola–Kotka/Haminan-reiteillä ennen vuotta 2010. Toimenpiteiden alustava kustannusarvio noin 18 M€ (vuonna 2002) sisältää siltojen ja pohjarakenteiden vahvistamisen Luumäen ja Imatran väliltä (12 M€ vuonna 2002) sekä vain siltojen vahvistamisen muilla rataosuuksilla (6 M€). Koko välin kustannusarvion tarkentaminen edellyttää pohjanvahvistustarpeiden selvittämistä Kuusankosken ja Kouvolan, Kouvolan ja Juurikorven sekä Juurikorven ja Kotkan välillä. Sillat ovat koko rataosuuden kriittisin kohta akselipainon noston kannalta. /9/. Luumäki–Imatra-välin akselipainon nostossa suurimmat toimenpiteet kohdistuvat siltojen korjaamisen lisäksi mahdollisiin stabiliteetin parantamisiin pehmeikköalueilla. Siltojen korjaamisessa tulee ottaa huomioon mahdollinen tuleva kaksoisraide kustannusten optimoimiseksi. Korjatut sillat eivät saa olla kaksoisraidehankkeen esteenä tai aiheuttaa hankkeelle lisäkustannuksia. Esimerkiksi Imatran henkilöaseman ja Mansikkakosken vanhan sillan seutu tulee suunnitella huolellisesti. Edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi Kaakkois-Suomessa tulee mm. kehittää ratapihoja yksittäisinä pienempinä kehittämishankkeina /9/.

Välityskykyä parantavat toimenpiteet ovat edellytyksinä sille, että Imatrankosken raja-aseman kautta tapahtuvia kuljetuksia voidaan edes kasvattaa. Akselipainojen korottamisella 250 kN:iin Imatralta ja Kuusankoskelta Kotkan ja Haminan satamiin voidaan mm. saavuttaa merkittävät kustannussäästöt metsäteollisuuden vuosittaisissa 2–3 miljoonan tonnin vientikuljetuksissa. Toimenpiteistä hyötyvät erityisesti Imatralta ja Inkeröisistä Kotkan satamaan sekä Lappeenrannasta ja Kuusankoskelta Haminan satamaan kulkevat tavaravirrat. Toimenpiteistä ennen vuotta 2010 hyötyvä kuljetusmäärä on noin 2 milj. tonnia. Myöhemmin akselipainojen korotuksesta voivat hyötyä myös muut kuljetukset. Etujen saavuttaminen edellyttää lisäinvestointeja myös nykyistä kantavampiin vaunuihin. /9/

Akselipainon nostoa voitaisiin hyödyntää metsäteollisuuden paperi- ja raakapuukuljetuksissa. Paperikuljetuksissa voitaisiin käyttää Simn-t-vaunuja täydellä kuormalla ja raakapuukuljetuksissa voitaisiin ottaa käyttöön uusia monella tavalla parempia ja tehokkaampia vaunuja.

Näiden lisäksi myös Imatran Stora Enso voisi siirtyä lastaamaan SECU-kontteja satamasta tehtaalte, jos akselipaino nostettaisiin 250 kN:iin Imatra–Kouvola–Kotka/Hamina-rataosuudella. Tällä hetkellä asiaa selvitetään eri tahoilla. Tämä lisäisi rautateiden kuljetusmääriä. /12/. SECU (Stora Enso Cargo Unit) on suuri kontin kaltainen tavaroiden kuljetuksessa käytettävä suuryksikkö. Tämän suuren metalli-

laatikon sisälle kuormatut tavarat siirtyvät siinä ilman välilastauksia paikasta toiseen. /92/

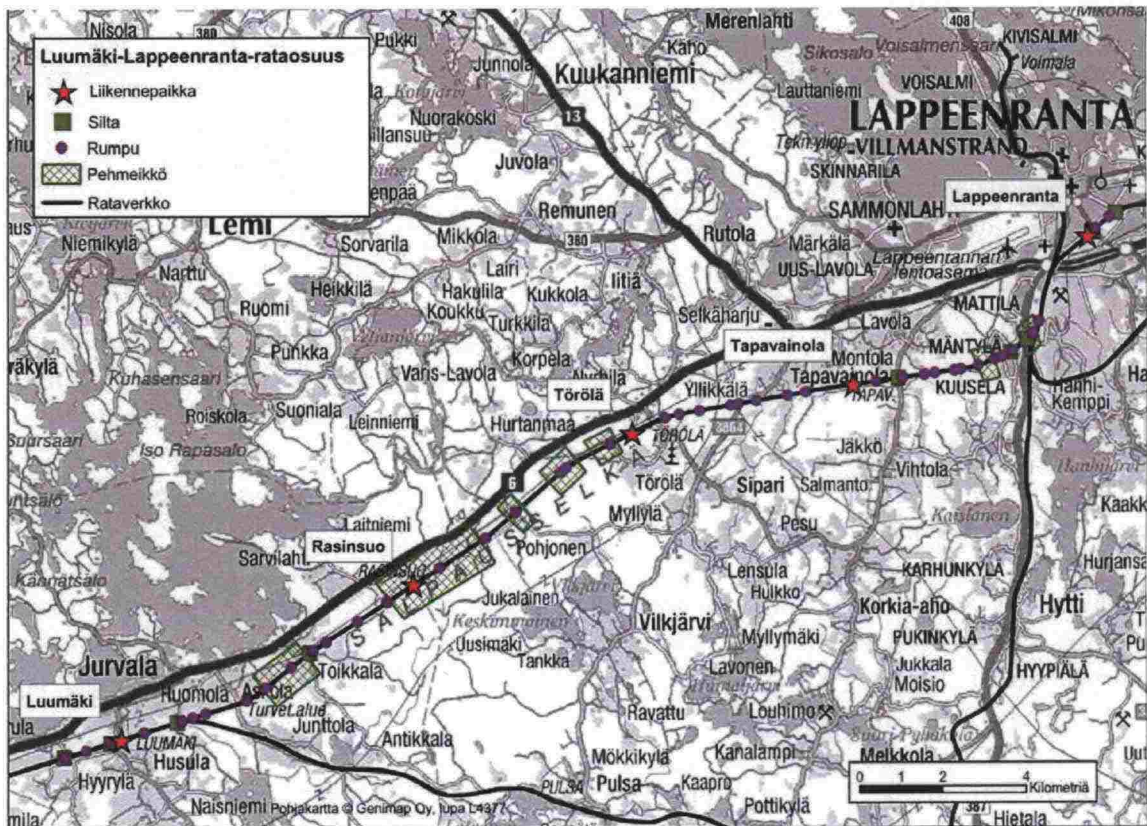
Imatran tavara-asemalle ei sen muutostöiden jälkeen juurikaan jää merkittäviä liikenteellisiä ongelmakohtia. Ongelmana on lähinnä Luumäki–Imatra-rataosuuden tukkoisuus ja paikoittainen täyskapasiteetti. Tuolloin joudutaan seisottamaan valmiita junia ratapihalla ja odottamaan rataosuuden vapautumista. Myös lisäjunien ajaminen on silloin mahdotonta. Akselipainon korotus ja uusien raakapuuvauunujen käyttöönotto helpottaisi rataosuuden kapasiteetin ja Imatran tavara-aseman tilannetta. Liikenteen sujuvuutta lisäisi myös nykyistä suurempi osuus Venäjältä suoraan määränpäähän menevistä kuljetuksista. /12/

4.3 Rekisteriselvitys ja ehdotetut toimenpiteet

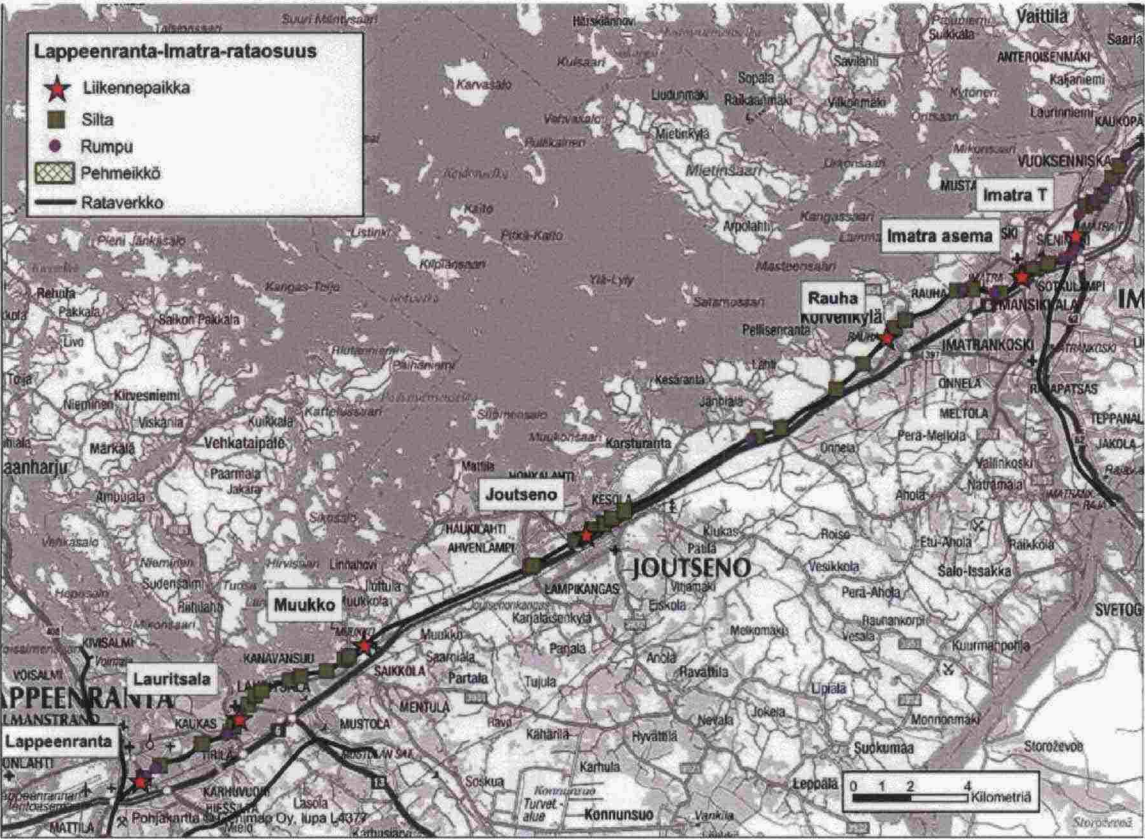
Yleistä

Karttakuvissa 25 ja 26 on esitetty tarkasteltava Luumäki–Imatra-rataosuus. Kuvissa näkyvät sillat, rummut, pehmeiköt, ratapihat ja itse rataosuus. Pehmeikkömateriaali saatiin viiva-aineistona, mutta kuvaan pehmeiköt on piirretty alueina, että ne näkyisivät selvemmin.

Luumäki–Imatra-rataosuuden vuoden 2006 kävelytarkastuslomakkeet ovat liitteissä 3.1–3.7.



Kuva 25. Kartta Luumäki–Lappeenranta-rataosuudesta.



Kuva 26. Kartta Lappeenranta–Imatra-rataosuudesta.

Sillat

Liitteenä 4 olevassa listassa ja kuvissa 25–26 näkyvät Luumäki–Imatra-rataosuuden sillat (50 kpl). Itä-Suomen alustavan akselipainoselvityksen mukaan silloista 9 voidaan luokitella riskisilloiksi, joiden korjausten yhteiskustannuksiksi on arvioitu 8 miljoonaa euroa. Kustannukset on määritelty taulukon 16 mukaan. Riskisillat on luokiteltu kappaleen 3.8.2 mukaisiin prioriteetteihin. Riskisiltojen määrä ja kustannusarviot näkyvät priorisoituina seuraavassa taulukossa.

Taulukko 19. Luumäki–Imatra-rataosuuden riskisiltojen määrä ja kustannusarviot prioriteettitasoittain. /31/

Luumäki–Imatra	Silloja (kpl)	Kustannusarvio (€)
Prioriteetti 1	4	3 450 000
Prioriteetti 2	1	4 000 000
Prioriteetti 3	4	550 000
Yhteensä		8 000 000

Rataosuuden riskisillat on lueteltu taulukossa 20. Merkittävimmät riskisillat Itä-Suomen alustavan selvityksen mukaan ovat Saimaan kanavan ratasilta (prioriteetti 1) sekä Imatran Mansikkakosken ratasilta (prioriteetti 2) (kuva 27). /31/

Taulukko 20. Luumäki–Imatra-rataosuuden riskisillat (Liite 4). /75/

Riskisilta	Km
Viipurintien alikulkusilta	287+897
Viipurintien alikäytävä	287+916
Oikotien alikulkusilta	291+373
Hakalin alikulkusilta	293+162
Saimaan kanavan ratasilta	294+170
Kesolantien alikulkusilta	306+882
Vanhan valtatie 6:n alikulkusilta	307+405
Maantiealikäytävä "Karjasilta"	312+735
Mansikkakosken ratasilta	324+183



Kuva 27. Mansikkakosken silta.

Rummut

Luumäki–Imatra-rataosuuden rummut (55 kpl) näkyvät liitteessä 5 ja kuvissa 25–26. Kaikki osuuden rummut on perustettu sora-arinan varaan. Yhden betonivalurummun perustustapa ei ole tiedossa. Luumäki–Imatra-kaksoisraideselvityksen (2002) mukaan olemassa olevissa rummuissa ei ole havaittu vaurioita /32/. Rataosuudella on liitteenä olevan listan mukaan melko vähän riskirumpuja. Betoni- ja muoviputket ovat pääosin ongelmattomia. Sen sijaan vanhat kivirummut tai betoniputkilla jatkettut kivirummut ovat riskirumpuja ja niitä on tarkasteluvälillä 7 kpl (taulukko 21). Luumäki–Imatra-välin kaksoisraideselvityksen mukaan rataosuudella on myös neljä matalan peite-

syvyyden (etäisyys korkeusviivasta <1,4 m) rumpua /32/. Rumpurekisterin ja kaksois-raideselvityksen mukaan riskirumpuja on yhteensä 11. Riskirumpujen kuten kaikkien vanhojen rumpujen kunto tulisi arvioida tai tarkastaa ennen akselipainon korotusta. /75/. Riskirumpujen kokonaiskustannusarvio on 550 000–1 100 000 euron välillä, jos kaikki riskirummut korjataan tai uusitaan. Kustannukset on määriteltä kappaleen 3.9.2 mukaan. Akselipainon noston jälkeen rumpuja ei välttämättä tarvitse vaihtaa tai rakentaa uudelleen, jos niissä ei ole havaittu vaurioita, vaan niiden kuntoa voidaan ryhtyä seuraamaan tehostetulla tarkkailulla. Tehostetulle seurannalle ei ole määriteltä kustannuksia.

Taulukko 21. Luumäki–Imatra-rataosuuden arvioidut riskirummut rumputyypin perusteella (Liite 5). /75/

Riskirumpu	Km
Kivi jatkettu betoniputkilla	250+267
Kivirumpu	288+020
Kivirumpu	288+444
Kivirumpu	292+103
Kivi jatkettu betoniputkilla	312+512
Kivi jatkettu betoniputkilla	321+696
Kivi jatkettu betoniputkilla	322+794

Pehmeiköt

Luumäki–Imatra-rataosuuden pehmeiköt (10 kpl) näkyvät kuvassa 25. Pehmeiköt sijoittuvat Luumäen ja Lappeenrannan välille. Alla olevassa taulukossa näkyy tarkemmin pehmeikköjen sijainti. Lappeenrannassa ratakilometrillä 274+785 ja Lauritsalassa ratakilometrillä 290+900 on maakaasuputki. Osasta taulukon pehmeiköistä (kohteet 4,5 ja 7–10) ei ole tarpeeksi tietoja, joten niiden stabiilitetti on epävarma. Kohteissa 1 ja 3 tukikerros on 38 vuotta vanhaa. /39/

Taulukko 22. Luumäki–Imatra-rataosuuden pehmeiköt. /39/

Kohde	Liikenne- paikka	AlkuKm [km+m]	LoppuKm [km+m]	Pituus [m]	Penger- korkeus [m]	Stabiilitetin laskenta	
						F _{kok.}	F _{osav}
1	Luumäki	254+198	255+348	1150	1,5	>1,2	>1,2
2	Rasinsuo	257+928	259+478	1550	1	>1,2	>1,2
3	Rasinsuo	259+480	259+800	320	1,5	>1,2	>1,2
4		259+948	260+348	400	2	-	-
5		261+398	261+648	250	2	-	-
6	Törölä	262+748	263+348	600	3	>1,2	>1,2
7		263+948	264+448	500	3	-	-
8	LR1	273+488	273+748	260	3	-	-
9		274+763	274+808	45	6	-	-
10		274+948	274+998	50	5	-	-

5 250 kN:n AKSELIPAINON SALLIVIEN JUNIEN KÄYTTÖ RUOTSISSA

Ruotsissa on liikennöity 250 kN:n akselipainon sallivilla junilla jo 1960-luvun lopusta. Aina 1990-luvun puoliväliin saakka liikenne rajoittui pohjoisen malmiradan kahteen osuuteen, Kiiruna–Riksgränsen ja edelleen Narvikiin Norjaan ja Jällivaara–Luulaja. Banverket on 1990-luvun puolivälistä lähtien tutkinut 250 kN:n akselipainon käyttöön-ottoa ja mahdollisuuksia. Banverket on myös laajentanut 250 kN:n akselipainon reittejä nopeassa tahdissa. /70/

Vuoden 2000 paikkeilla malmiradalla otettiin käyttöön jo 300 kN:n akselipaino ja metripaino 120 kN/m. Nyt tilattuna on jo 222 kpl toisen sukupolven malmivaunuja tälle akselipainolle malmölaiselta K Industrier AB -yhtiöltä, esisopimus on tehty kaikkiaan 680 vaunusta /79/. Osuudella Riksgränsen–Jällivaara on BV50-ratakiskot (kiskojen massa noin 50 kg/m) ja kovapuuratapölkyt. Osuudella Jällivaara–Luulaja on 60E1 -kiskot ja betoniratapölkyt. Nopeus 300 kN:n akselipainon sallivilla junilla on 50 km/h. /70/

Uusi 300 kN:n akselipainon käytölle suunniteltu LKAB:n malmivaunu, Fammoorr⁰⁵⁰, pohjoisen malmiradan liikenteeseen on varustettu Amsted Motion Control -teleillä. Telit ovat rakenteeltaan tyypilliset USA:ssa käytetyt tavaravaunutelit, ns. three piece -telit. Vaunu on kaksoisvaunu, jossa kaksi vaunua on kytketty toisiinsa lyhytkytkimillä. Vaunuparit on kytketty toisiinsa SA-3-automaattikytkimillä. /79/

Suurimman osan Ruotsissa käytössä olevista 250 kN:n akselipainon sallivista vaunuista on toimittanut K Industrier AB. Vaunuja on useita erilaisia. Neliakseliset vaunut on varustettu Kockums Y25-TTV-teleillä. Käytössä on myös kaksiakselisia vaunuja. /79/

Ruotsissa suurin osa rataverkkoa on rakennettu metripainolle 64 kN/m. Uudet radat tehdään metripainolle 80 kN/m. Ratakiskoina on olemassa olevilla radoilla suurelta osin 50 kg/m painavat BV50-kiskot. Ratakiskoprofiili 60E1 on käytössä uusilla ja peruskorjatuilla radoilla. Pölkkyinä käytetään BV50-kiskoilla sekä puu- että betonipölkkyjä. Uusilla radoilla 250 kN:n akselipainoa varten käytetään vain betonipölkkyjä tyypeiltään S71 ja A13. Tyypillinen ratapölkkyväli vanhoilla radoilla on 650 mm ja uusilla 600 mm. /35/, /36/

Uusilla raiteilla ratakiskojen teräslaatus on käytettävä 350 LHT, jos vuotuinen liikennemäärä 250 kN:n akselipainolla ylittää 5 Mbrt tai 300 kN:n akselipainolla ylittää 2 Mbrt. Vähäisemmällä liikenteellä on käytettävä teräslautaa R260. /36/

Suurin kallistuksen vajoitus on muilla kuin naulakiinnitteisillä radoilla 100 mm, jota vastaa kompensoimaton poikittaishiihtyvyys $a_q=0,65 \text{ m/s}^2$. Naulakiinnitteisillä radoilla kallistuksen vajoitus on rajoitettu arvoon 80 mm ($a_q=0,52 \text{ m/s}^2$). /70/

Tärkeimmät reitit 250 kN:n akselipainolla ovat metripainolla 80 kN/m; metripaino 64 kN/m on käytössä vain osuudella Bastuträsk–Skelleftehamn. /35/

Akselipainolla 250 kN raidesepeliä on oltava pölkkyjen alla 300 mm, mikä betonipölkkyraiteella vastaa noin 500 mm kokonaispaksuutta ja puuratapölkkyraiteella noin 450 mm kokonaispaksuutta. Akselipainon ollessa 300 kN raidesepeliä on oltava

pölkkyjen alla 400 mm, mikä vastaa noin 600 mm kokonaispaksuutta. Raidesepelitukikerroksen leveys on pölkkyjen päistä mitattuna 0,4 m, mikä vastaa suomalaisia jatkuvakiskoraiteen vaatimuksia. /36/

Pääraiteissa on uusilla raiteilla käytettävä pitkiä 60E1 kiskopainon vaihteita, risteys-suhde vähintään 1:14/1:15. Vaihteissa on Pandrol e-clip -kiinnityksessä käytettävä vahvennettua e2039-jousta. /36/

Olemassa olevilla raiteilla voidaan sallia seuraavan taulukon mukaiset nopeudet. /36/

Taulukko 23. Sallitut nopeudet eri päällysrakenteilla. /36/

Suurin nopeus	Ratakiskot	Ratapölkkyt	Pölkkyväli	Kiinnitys	Tukikerros80
100 km/h	60E1, BV50, Jk-raide	betoni	≤ 650 mm	Pandrol e-clip	300 mm pölkyn alla, 1 lk sepeli
90 km/h	BV50, Jk-raide	betoni tai puu	≤ 650 mm	Pandrol pr-jousi, Hambo, Fist tai Heyback	300 mm pölkyn alla, 1 lk sepeli
60 km/h	BV50, Lk- tai Pk-raide	puu	≤ 750 mm	Ratanaula tai Heyback	
40 km/h	SJ41/43	puu	≤ 750 mm	Ratanaula	

Taulukon 23 arvoja tarkastellessa huomaa, että sallitut nopeudet ovat huomattavasti suuremmat kuin Suomessa sallitut. Raidetutkimuksessa /6/ esitetyillä laskenta-menetelmillä tarkasteltaessa huomataan, että BV50-kiskon rasitukset ovat samalla kuormituksella 10 % 54 E1-kiskoa suuremmat. Pölkkyvälillä ei ole suurta eroa raiteen kantavuuteen. BV50-kiskon jalan liikennekuormituksesta aiheutuva vetojännitys on Zimmermannin menetelmällä laskettaessa nopeuksilla 90–100 km/h luokkaa 160 MPa, joka on hyväksyttävissä oleva arvo. Suomessa kiskon jalan liikennekuormituksesta aiheutuvan jännityksen raja-arvo on 160 MPa.

Banverketin käyttämät betoniratapölkkyt A13 ja S71 vastaavat kuormituskestävyydeltään likimain suomalaisia B97- ja BP99-betoniratapölkkyjä. Pölkyille asetetut vaatimukset ovat raideleveysero huomioiden likimain samat. Ruotsissa on hiljattain todettu, että käytännössä pölkkyt eivät kestä 300 kN akselipainoa 50 km/h nopeudella. /70/. Laskettuna samalla laskentamenetelmällä ja ohjelmalla, jolla suomalaiset pölkkyt on todettu talviolosuhteissa radan kuormitettavuutta mitoittavaksi komponentiksi, ruotsalaiset betonipölkkyt täyttävät BV50-kiskolla vaatimukset, kun alustaluku on kesäolosuhteita vastaava $C=0,1 \text{ N/mm}^3$.

Mäntyisten puupölkkyjen sallitut arvot ylittyvät BV50-kiskolla ja 90 km/h nopeudella noin 10 %, kun alustaluku on $C=0,1 \text{ N/mm}^3$. Laskenta tehtiin samalla ohjelmistolla kuin on määritetty suomalaisen raiteen kuormitus. Tammi- ja muilla kovapuupölkyillä puuratapölkkyjen kuormitus on sallituissa rajoissa.

6 JATKOTUTKIMUSTARPEITA

Suuri osa suomalaisista akselipainon nostoon liittyvistä selvityksistä on tehty Ratahallintokeskuksen 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoon tähtäävän tutkimusprojektin (A 5/2001) yhteydessä. Raportissa mm. esitellään tehtyjen tutkimusten tuloksia sekä listataan välttämättömiä toimenpiteitä, joita akselipainon korottaminen vaatii. Tutkimusten jälkeen on tutkittu lähinnä rakennekerrosten käyttäytymistä. Pelkästään akselipainon nostoon tai noston vaikutuksiin liittyviä tutkimuksia ei ole tehty.

Seuraavassa listassa on esitetty tutkimuksissa ja haastatteluissa esille tulleita jatkotutkimustarpeita:

- Kaluston aiheuttamia kuormia ja kaluston kulkuominaisuuksia suuremmilla akselipainoilla tulisi selvittää lisää. Erityisesti haluttaisiin tietoa pyörä/kiskokosketuksessa vaikuttavista voimista.
- Vaihteiden kulumisesta ja pölkyistä on toivottu lisätutkimuksia.
- On myös todettu, että tukikerrosmateriaalin puhdistusrajan objektiivisia määrittämisperusteita tulisi tarkastella kunnossapitotarpeen, raidegeometrian mittaustietojen, kenttähavaintojen ja raideseppelin laboratoriokokeiden perusteella. Tarkastelulla saataisiin tietää, milloin olisi elinkaartiloudellisesti järkevintä puhdistaa ja vaihtaa tukikerrosmateriaalia. Tarkastelu on osittain meneillään.
- Akselipainon vaikutusta lyhyt- ja pitkäkiskoraiteiden sidekiskojatkoksiin tulisi vielä tutkia.
- Telikeskiövälän vaikutusta kaluston ja radan väliseen vuorovaikutukseen tulisi tutkia enemmän.
- Myös vaunujen kytkimet ja jarrut tarvitsevat kehitystä, vaikka ne eivät ole akselipainon noston esteenä.
- Paine korkeampien akselipainojen käytölle on johtanut siihen, että esimerkiksi RAMOn osa 8 ”Sillat” pitäisi ainakin tarkastusten (mm. tehostetun tarkkailun) osalta päivittää.
- Akselipainon noston ja venäläisen kaluston vaikutusta tärinään olisi hyvä tutkia.
- Olisi hyvä kartoittaa tärinälle haitalliset alueet ja nopeusrajoitusten tarve.
- Tarvitsisi laatia ohje 250 kN:n akselipainon noston toteutuksesta sivu-, ratapiha- ja teollisuusraiteilla. /71/

Antti Nurmikolun väitöskirjan (2005) yhteydessä saatiin toteutettua mm. julkaisun ”Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa” (A 4/2004) jatkotutkimustarpeita. Tutkimuksessa tuli esiin mm. seuraavassa listassa olevia uusia jatkotutkimustarpeita. /17/

- Raiteen tukemisen vaihtoehtojen kunnossapitomenetelmien, etenkin ’stone-blowing’-menetelmän toimivuutta on toivottu selvitetävän. Menetelmä on hienovaraisempi kuin Suomessa käytetty tuentamenetelmä, joka hienontaa kiviainesta ja tekee näin menetelmästä tehottomamman.
- Joidenkin tarkasteltujen sora- ja hiekkamateriaalien selvän routimisherkkyyden takia eristys- ja välikerroksissa käytettyjen sora- ja hiekkamateriaalien ominaisuuksia ja routimis-

herkkyyttä tulisi tutkia etenkin routimisongelmista kärsiville rataosuuksille kohdennettuna.

- Raidesepelin taloudellisen puhdistusrajan arvioimiseksi tulisi tarkastella raidegeometrian mittausdataa ja sitä vastaavan raidesepelin ominaisuuksia yhdessä.
- Sepelikiviaineksen laadusta riippumattomien rakenteellisten ja ympäristöön liittyvien tekijöiden vaikutusta raidesepelin hienontumisessa tulisi tutkia. Huomiota tulisi kiinnittää myös orgaanisen aineksen ja siihen sitoutuvan veden vaikutuksiin.
- Sydännäytekairan käyttöä raidesepelin (ja alempien rakennekerrosten) näytteenotto-menetelmänä tulisi edistää. Tutkimusta maatutkauksen käytöstä sepelilaadun arvioinnissa tulisi edelleen jatkaa.

7 PÄÄTELMÄT

Vaunujen sallitut akselipainot ovat nousseet koko ajan ja kehitys vie vielä suurempiin akselipainoihin. Tänä päivänä Suomen rataverkolla suurin sallittu akselipaino on pääosin 225 kN lukuun ottamatta muutamia 250 kN:n akselipainon sallivia rata-osuuksia.

Akselipainon nosto on yksi toimenpiteistä, jolla pyritään säilyttämään ja parantamaan rautatieliikenteen kilpailukykyä, rataverkon toimintaedellytyksiä, radan palvelutasoa sekä tehostamaan kansainvälisiä, valtakunnallisia ja alueiden välisiä yhteyksiä. Hankkeiden esteenä on yleensä rahoituksen puute. Akselipainon nostoa ei tule toteuttaa yksittäisinä ja irrallisina rataosuuksien parannuksina, vaan noston tulee olla johdonmukaista ja parannuksilla tulee pyrkiä yhtenäisiin kuljetusreitteihin. Akselipainon nostossa tulee ottaa huomioon asiakkaiden tarpeet ja kuljetusreitit sekä käytössä oleva 250 kN:n akselipainon salliva kalusto. Akselipainon nostosta on hyötyä sekä liikennöitsijälle että asiakkaalle. Liikennöitsijä säästää vaunujen huolto-, pääoma- ja vetokustannuksissa. Asiakkaalle kustannussäästöjä syntyy vaunujen vaihto-, kuormaus- ja purkutöissä, koska työ tehostuu ja työhön kuluva aika lyhenee. Kunnossapitäjälle raskaampi kalusto aiheuttaa enemmän kunnossapitotoimenpiteitä ja lisää radan tarkkailutarvetta. Toisaalta radan kunnossapitokustannuksissa voidaan saada säästöjä, kun junan kokonaispaino voi vaunujen vähentyessä pienentyä. Junien lyhentyessä paranevat myös radan kapasiteettitilanne, välityskyky sekä muiden tavarakuljetusten ja henkilöliikenteen mahdollisuudet.

Jos 250 kN:n akselipainon verkkoa ryhdytään laajemmin kehittämään, ei venäläiselle kalustolle enää tarvitse myöntää poikkeuslupaa liikennöidä 245 kN:n akselipainolla. Akselipainoa korotettaessa värinähaitat lisääntyvät väistämättä, mutta noston vaikutus värinään ei välttämättä ole yksin negatiivinen. Akselipainon noustessa juna yleensä lyhenee ja kokonaispaino voi pienentyä, jolloin värinän vaikutusalue pienenee. Värinä kasvaa akselipainon noustessa vain aivan radan läheisyydessä, koska junasta aiheutuva värinä on pistemäistä. Akselipainon noston vaikutusta värinän suuruuteen on kuitenkin hankala määrittää.

Usein akselipainon noston esteenä ovat stabiliteetti ja sillat. Työssä tuli esille nykyistä kotimaista 250 kN:n akselipainon sallivaa kalustoa tarkasteltaessa, miten akselipainon nosto olisi ainakin väliaikaisesti vaivattomampaa ja nosto onnistuisi kevyemmin toimenpitein. Korkeammat akselipainot voitaisiin sallia joillekin olemassa oleville radoille nykyisellä 250 kN:n sallivalla kalustolla (taulukko 10) tekemällä radan stabiliteettitarkastelut ja/tai mitoittamalla mahdolliset kantavuuden parantamistoimenpiteet todellisilla pienemmillä metripainoilla 80 kN/m -metripainon sijaan. Silloin voitaisiin suunnittelun yhteydessä säästyä turhilta toimenpiteiltä ja säästää toimenpidekustannuksissa, tehostaa raiteilla tapahtuvaa tavaraliikennettä, saada nopeammin hyötyä nykyisin käytössä olevasta kalustosta ja säästää vajaakuormilla liikkuvilla junilla aiheutuvista kustannuksissa. Pitkällä tähtäyksellä tämä ei ole kovin kestävä ratkaisu, jos kalusto tai kuljetettava tavara vaihtuu ja metripaino kasvaa. Sallittaessa 250 kN:n akselipainon tavaraliikennettä pienemmillä metripainoilla täytyy kuitenkin huomioida riittävän stabiliteetin lisäksi myös siltojen ja rumpujen kantavuus ja mitoittaminen.

Epävarmuutta 250 kN:n akselipainon tavoiteverkon toteuttamiseen synnyttävät Suomen ja myös Venäjän tavaraliikenteen, teollisuusyritysten ja satamien tilanteiden ajoittaiset muutokset. Yleisesti mietitään esimerkiksi raakapuuliikenteen osalta, kannattaako uusia kalliita raakapuun kuljetusvaunuja hankkia, jos 250 kN:n akselipainon verkko on epävarma. Raakapuuliikennettä on koko Suomen alueella ja kuljetusreitit voivat olla hyvinkin pitkiä, jolloin 250 kN:n akselipainon verkon tulisi olla laaja. Myös tarkastelussa olleella Luumäki–Imatra-rataosuudella täysi hyöty uusista raakapuu- ja paperivaunuista saataisiin vasta 250 kN:n akselipainon reitin ulottuessa ainakin Kymenlaakson satamiin ja Kuusankoskelle sekä Imatran tavara-asemalta Imatrankoskelle sekä metsäteollisuuden yksityisille raiteille ja ratapihoille. Puutavaran kuljetus on vilkasta mm. Kaakkois-Suomessa ja uudet raakapuuvaunut ovat vanhoja helpokäyttöisempiä, joten uusien vaunujen valmistus ja käyttöönotto voi kuitenkin tapahtua jo lähitulevaisuudessa.

Akselipainon nostossa on joitain ongelmia ja esteitä. Raskaammista kuljetuksista saatujen kokemusten mukaan haittoja on esiintynyt lähinnä kevyillä kiskoilla ja puupölkyillä, joten päällysrakenteen parantaminen helpottaisi luultavasti usein tilannetta. Kevyet kiskot, puupölkkyt ja naulakiinnitys eivät ole hyvä yhdistelmä raskaammille akselipainoille. Olemassa olevilla 250 kN:n akselipainon reiteillä ei ole havaittu betonipölkyissä vikoja, joten oletettavasti nykyiset betonipölkkyt ovat sopivia 250 kN:n akselipainon reiteille sekä käytössä olevalle 250 kN:n akselipainon sallivalle kalustolle. Nopeuden nosto voi lisätä ongelmia. Nopeuden nostosta 250 kN:n akselipainon sallivalle kalustolle olisi kuitenkin etua tavaraliikenteelle kuin myös henkilöjunaliikenteelle siten, että kuljetuksista tulisi tehokkaampia, markkinat kasvaisivat ja tavarajunat eivät olisi niin suuri hidaste henkilöjunaliikenteelle.

Useat tarkastukset ja toimenpiteet akselipainon nostossa kohdistuvat mahdollisten pohjanvahvistustoimenpiteiden lisäksi siltoihin ja rumpuihin. Siltojen ja rumpujen korjaamisen tai uuden rakentamisen sijaan niille voidaan aloittaa tehostettu tarkkailu. Esimerkiksi siltojen tehostetusta tarkkailusta on kuitenkin vaikea tehdä aukotonta järjestelmää mm. seuraavaksi lueteltujen seikkojen takia.

- Liikenteelle jää sellaisia siltoja, jotka eivät kantavuuslaskelmien perusteella välttämättä kestä.
- Kantavuuden lisäksi sillalla voi olla muitakin ongelmia. Halutaanko jättää moni-ongelmaisia siltoja rataverkolle?
- Ollaanko valmiita ottamaan riskejä siltojen suhteen?
- Kuka ottaa vastuun, jos kantavuuslaskelmat osoittavat, että silta pitäisi vahvistaa, mutta silti jätetään liikenteelle?

Tarkasteltavan Luumäki–Imatra-välin akselipainon nostossa suurimmat toimenpiteet kohdistuvat siltojen korjaamisen lisäksi mahdollisiin stabiliteetin parantamisiin pehmeikköalueilla. Siltojen korjaamisessa ja stabiliteetin parantamisessa tulee ottaa huomioon mahdollinen tuleva kaksoisraide kustannusten optimoimiseksi. Korjattujen siltojen tai vakavuuden parantamisrakenteiden ei tulisi olla kaksoisraidehankkeen esteinä tai aiheuttaa hankkeelle lisäkustannuksia. Esimerkiksi Imatran henkilöaseman ja Mansikkakosken vanhan sillan seutu tulee suunnitella huolellisesti.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Ruotsissa ei jäätyneen raiteen piirteitä ole erityisesti otettu huomioon raiteen rasituksia määritettäessä. Liikennöintiä on kuitenkin menestyksekkäästi hoidettu jo kymmenisen vuotta. Raiteen hyvä stabiilitetti talviaikana mahdollistaa varmuuksien pienentämisen ilman havaittavia ongelmia. Toisaalta, varmuudesta tinkiminen ei mahdollista tukikerroksen kunnossapidon heikkouksia.

Työn aikana huomattiin, että tutkimusmateriaali on hajallaan kirjallisuudessa ja eri asiantuntijoilla. Rata-asiantuntijoita on melko vähän verrattaessa tieasiantuntijoihin, mutta asiantuntevuus ja asialle omistautuneisuus ovat omaa luokkaansa. Työhön tuo epävarmuutta se, ettei työssä käsitelty juurikaan ulkomaalaisia lähteitä tai kokemuksia, joihin olisi ollut hyvä syventyä edes jonkin verran. Epävarmuutta tuo myös se, että tutkimuksia ja kokeita voi olla meneillään monissa, varsinkin pienissä ja ei niin tunnetuissa alan yrityksissä ja osa mahdollisista tuloksista voi olla julkaisematta. Myös joidenkin reittikohtaisten selvitysten löytäminen on ollut työlästä.

Monia aiheita on käsitelty pintapuolisesti ja työssä on viitattu paljon muihin julkaisuihin ja ohjeisiin. Olisi ollut mielenkiintoista, jos tutkimuksessa olisi paneuduttu joihinkin asioihin tarkemmin, mutta aikaisempi opiskelutausta ja työn aiheen laajuus eivät antaneet tälle mahdollisuutta. Työn tekemiseen ja kirjallisuuteen tutustumiseen olisi saanut kulumaan runsaasti enemmän aikaa, jolloin eri aiheista olisi saatu enemmän tietoa. Haastatteluja oli melkein jokaisesta aihepiiristä ja niillä saatiin ajankohtainen näkemys asioihin. Tutkimuksen aikana käytiin tutustumassa rataa kunnossapitäjien mukana Imatralla, Luumäellä ja Kirkniemessä. Maastossa paikanpäällä käyminen lisäsi tutkimuksen eri aihepiirien ja akselipainon noston vaikutusten ymmärtämistä. Pitkien junien vaikutus näkyi raskaissa ja aikaa vievissä vaihtotöissä sekä raskaiden vaunujen vaikutus näkyi mm. pölkkyjen siirtymisinä ratapihoilla, kiskojen kulumisina ja junan ylityksen aikana eristysjatkosten isoina pystysuuntaisina liikkeinä. Akselipainon noston jälkeen junat oletettavasti lyhenevät, joten vaihtotyöaika lyhenisi. Imatralla näkyi myös paljon vajaakuormaisia raakapuuvaunuja, mihin 250 kN:n akselipainon sallivalla kalustolla saataisiin muutosta.

8 YHTEENVETO

8.1 Tavaraliikenne ja 250 kN:n akselipainon sallivat reitit

Tavaraliikenteen kasvaminen, rautateiden kilpailukyvyn säilyttäminen ja kehittäminen sekä teollisuuden asiakkaiden tarpeet synnyttävät paineita Suomen rataverkolle. Akselipainon nosto tehostaisi tavaraliikennettä monin eri tavoin ja nostosta saataisiin myös huomattavia kustannussäästöjä. Tällä hetkellä Suomessa on monilla teollisuuden yrityksillä tarvetta 250 kN:n akselipainoille. Korkeammille akselipainoille soveltuvaa kalustoa on jo käytössä, mikä lisää akselipainon noston tarvetta. Akselipainon noston tulee olla johdonmukaista ja parannuksilla tulee pyrkiä yhtenäisiin kuljetusreitteihin. Rautateiden tavarakuljetusten kilpailu avautuu kotimaan sisäisessä liikenteessä vuoden 2007 alussa. Kilpailua odotetaan syntyvän erityisesti vahvoissa tavaravirroissa, joita on esimerkiksi Kaakkois-Suomessa.

Tällä hetkellä sallitaan 250 kN:n akselipaino Kirkniemi–Hanko, Harjavalta–Mäntyluoto, Pasila–Tampere ja Kerava–Lahti-rataosuuksilla. Suurimmat tarpeet 250 kN:n akselipainon nostolle ovat mm. Jämsänkoski–Kokemäki, Imatra/Kuusankoski–Kouvola–Kotka/Hamina ja Tampere–Oulu-rataosuuksilla. Lähtötietojen sekä VR:llä ja RHK:ssa pidettyjen haastattelujen avulla on koottu tämän hetkinen näkemys 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta (kuva 1 ja liite 1). Kokemuksia 250 kN:n akselipainon liikenteestä on vain Kirkniemi–Hanko ja Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuuksilta. Rataosuuksille ei tehty merkittäviä toimenpiteitä ennen akselipainon nostoa osaksi sen takia, että ratojen päällysrakenteet oli uusittu ennen nostoa. Noston yhteydessä lähinnä korjattiin rumpuja tai siltoja. Molemmissa kohteissa tehtiin noston jälkeen tehostettua tarkkailua kiskoille, rummuille ja/tai silloille. Noston jälkeen tavarankuljetuksesta on tullut joustavampaa ja tasaisempaa. Hyötyjä on huomattu lähinnä kuljetuksissa, koska uusia vaunuja tarvitaan vähemmän ja junapituudet ovat lyhentyneet sekä vaihtotyöt, kuormaus ja purku ovat muuttuneet tehokkaammiksi ja nopeammiksi. Haitat akselipainon nostosta ovat pääosin näkyneet kiskojen kulumisina ja vaihteiden rikkoutumisina.

8.2 Tutkimustuloksia

Tehdyistä tutkimuksista on saatu muutamia erityisesti akselipainon nostoon liittyviä hyötyjä. Antti Nurmikolun väitöskirjassa määritettiin uudet päivitetyt kiviainesvaatimukset, jotka tulevat RMYTL:n sekä Infrarakentamisen yleisiin laatuvaatimuksiin (INFRA-RYL:iin). Erkki Mäkelän lisensiaattityöstä saatiin tuloksena, että nykyisten vaatimusten mukaisilla betonirummuilla ei pitäisi olla ongelmia korkeammilla akselipainoilla. ”Radan päällysy- ja alusrakenteen tutkiminen maatutkalla” -tutkimuksen yhteydessä saatujen tulosten perusteella kehitettiin laskenta-algoritmi rakenne- materiaalien laadun arvioimiseen maatutka-aineistosta. Eri akselipainoille sopivan pengerleveyden ja luiskakaltevuuden määrittämiseen käytettävän mitoituskäytännön löytäminen on tällä hetkellä kesken, mutta tutkimukset näyttävät lupaavilta. Maatutkauksen kehittäminen on myös tällä hetkellä kesken, mutta tutkimukset vaikuttavat lupaavilta. Tutkimustuloksia tullaan jatkossa toivottavasti soveltamaan mm. kunnossapidon tason optimoimiseen ja tarvittavien kunnossapitotoimenpiteiden määrittämiseen.

8.3 Akselipainon noston tekniset edellytykset

Korotettujen akselipainojen käyttöönottoaminen korostaa tarvetta käsitellä ratarakennetta kokonaisuutena, jossa alus- ja päällysrakenne ovat keskenään tasapainossa. Suurempi akselipaino voidaan sallia tietyillä radan ominaisuuksilla ja rakenteilla sekä 250 kN:n akselipainolle soveltuvalla kalustolla. Akselipainon nosto parantaa mm. tavaraliikenteen tehokkuutta ja antaa lisämahdollisuuksia muulle rautatieliikenteelle.

Päällys- ja alusrakenne

Päällysrakenne on suunniteltava, rakennettava ja pidettävä kunnossa siten, että raide kantaa sille tulevan liikennekuorman eikä raiteen vakavuus vaarannu. Ratapihoilla akselipainon korotus ei vaadi kaikkia samoja toimenpiteitä kuin ratalinjalla. Yleensä esteenä nostolle ovat päällysrakenteen sijaan sillat, alus- tai pohjarakenne. Akselipainojen nosto 250 kN:iin tavoitteena olevilla suurilla nopeuksilla on mahdollista taulukossa 24 esitetyillä päällysrakenteilla. Vaihteissa tulee olla betoni- tai kovapuu- pölkyt ja suuri kaarresäde. Radalla on oltava akselinlaskentajärjestelmä tai raidevirtapiirit. Akselipainon korottaminen ei lisää tutkimusten mukaan merkittävästi sepelin jauhautumista, jos kokonaisliikennemäärä ei kasva ja sepeli on lujaa, kuten Suomessa yleensä on. Vaunuvaa'an sopivuus tulee tarkastella aina tapauskohtaisesti. Kiskon kiinnitykset tai välilevyt eivät aseta esteitä akselipainon nostolle.

Taulukko 24. Rataluokat eri päällysrakenteilla ja niillä sallitut nopeudet ja akselipainot.

Rata-luokka	Rata-kiskot	Ratapölkyt	Kiskon pituus	Tuki-kerros	Nopeus [km/h]	Akselipaino ¹⁾ [kN]	Koskee
C ₂	54E1	betoni 1987 tai jälkeen valmistetut	Jk-raide	raide-sepeli	80	250	tavarajunat
D	60E1	betoni 1987 tai jälkeen valmistetut	Jk-raide	raide-sepeli	100	250	tavarajunat

1) Ei koske vetureita junassa

Akselipainon noston vaikutus alusrakennekerrokseen on merkittävin välikerroksessa ja eristyskerroksen yläosassa. Selkeitä mitoituskäytäntöjä käytettävän pengerleveyden valintaan ei ole vielä löydetty. Rataosuuksilla, joilla akselipainoa tai nopeutta ollaan nostamassa, on pengerleveyteen ja penkereen muotoon liittyvillä valinnoilla erityisen suuri merkitys. Pengerleveyttä on lähivuosina tutkittu RHK:n ja TTY:n muutamissa tutkimusprojekteissa. Projektin tulosten perusteella tullaan toivottavasti arvioimaan pengerleveyden määrittämiseen käytettävän RAMOn osan 3 "Radan rakenne" taulukon 3.8:2 (taulukko 8) mahdollinen päivitystarve. Pohjoismaisia oloja vastaava routamitoitus takaa riittävän alusrakennekerrosten paksuuden kaikkia ajateltavissa olevia akselipainoja varten.

Rataan kohdistuvat kuormat ja stabiilitteetti

Kalusto aiheuttaa kiskon kautta rataan staattisia, kvasistaattisia ja dynaamisia voimia. Staattinen pystysuuntainen pyöräkuorma (Q_0) on paikallaan olevan junan aiheuttama kuorma, joka on puolet akselipainosta. Kaarteessa ulkokiskoon kohdistuu mm. kvasistaattisia voimia (Q_{qst} , Y_{qst}), jotka aiheutuvat radan geometriasta. Kvasistaattinen voima yleensä arvioidaan. Dynaaminen pystysuuntainen pyöräkuorma (Q) aiheutuu pyörän pystysuuntaisesta liikkeestä, johon vaikuttavat mm. raiteen kunto, epäjatkuvuuskohdat sekä kaluston kunto ja rakenne. Korkeammille akselipainoille soveltuvaa kalustoa tyyppihyväksyttäessä tarkastetaan, etteivät sen aiheuttamat rataan kohdistuvat kuormat ylitä sallittuja. Kaluston aiheuttamia todellisia kuormia on vaikea arvioida. Nykyinen 250 kN:n kalusto on parempaa mitä aikaisemmin ennen kokemuksia luultiin, minkä vuoksi voidaan vaivattomammin siirtyä korkeampiin akselipainoihin ja suurempiin nopeuksiin.

Rataverkon vaurioiden estämiseksi on kalustolle asetettu suurin sallittu metripaino, joka on 80 kN/m. Ratarakenteiden mitoituksessa käytetään metripainoa 120 kN/m. Nykyisellä ratarakenteella vaunujen metripainon kasvattaminen ei onnistu. Metripaino rajoittaa rataverkon raskaamman tavaraliikenteen avautumista olemassa olevilla radoilla, koska se vaikuttaa alus- ja pohjarakenteen mitoittamiseen. Olemassa olevan radan vakavuus on varmistettava, jos määritetty laskennallinen junakuorma kasvaa akselipainon tai nopeuden nostamisen takia. Ennen akselipainon korottamista tarvittavat rakenteet korjataan. Olemassa olevan radan kokonaisvarmuus 1,5 sallii akselipainon korotuksen 250 kN:iin.

Sillat ja rummut

Työssä on määritelty rumpujen ja siltojen riskityypit tehtyjen selvitysten ja haastattelujen perusteella. Tässä työssä olevia riskisiltojen ja -rumpujen määritelmiä voidaan käyttää yleisesti akselipainoselvityksissä. Kaikista riskisilloista ja -rummuista on tehtävä tarkempi kantavuusselvitys ennen korotettujen akselipainojen käyttöönottoa. Kantavuuslaskelmat määräävät, mitä toimenpiteitä tehdään. Kantavuuden parantamistoimenpiteiden lisäksi tehdään yleensä myös muita toimenpiteitä. Kun huonokuntoiset sillat ja rummut seulotaan ja esteet poistetaan, ei 250 kN:n akselipainon käyttöönotolle ole esteitä. Taulukossa 16 esitetään todennäköiset ja mahdolliset riskisiltatyyppit ryhmittäin ja niille arvioidut keskimääräiset korjauskustannukset. Olemassa olevat sillat tarkastetaan kuormakaaviolla LM71-25 eli 250 kN:n akselipainolle ja uudet sillat mitoitetaan kuormakaavion LM71-35 eli 350 kN:n akselipainon mukaisesti. Riskirumpujen määritelmät on kerrottu kappaleessa 3.9. Vaurioituneen rummun uusiminen maksaa keskimäärin 50 000–100 000 euroa.

Silloilla ja rummuilla voidaan aloittaa korkeamman akselipainon sallimisen jälkeen uusimis- tai korjaustoimenpiteiden sijasta myös tehostettu tarkkailu. Tehostettu tarkkailu keskittyy yleensä muodonmuutosten, halkeamien, murtumien ja syöpymien tarkkailuun. Tehostettua tarkkailua ei ole viety yleisesti käytäntöön suurempien akselipainojen sallimisen osalta. Korkeamman akselipainon sallimisen jälkeen tulisi tehdä selkeä tarkkailu- ja kunnossapito-ohje, jossa nimetään rataosan tarkkailtavat sillat/rummut ja vauriot sekä tarkastusväli. Tehostetun tarkkailun tulee suorittaa tarkastuksen asiantuntija.

Kalusto ja tärinä

VR Cargo omistaa noin 10 000 vaunua, joista tällä hetkellä 301 soveltuisi 250 kN:n akselipainolle. Vaunut tehdään ja tilataan yleisesti asiakkaan tarpeiden mukaan. Paperi-, rikaste-, sahatavara- ja yhdistettyjen ajoneuvojen kuljetuksissa on käytössä 250 kN:n akselipainon sallivaa kalustoa. Vain Kirkniemi–Hanko ja Harjavalta–Mäntyluoto-rataosuuksilla on 250 kN:n akselipainon sallivia vaunuja hyötykäytössä. Tällä hetkellä monilla reiteillä on sallittu poikkeusluvalla kuljetukset venäläisellä kalustolla 245 kN:n akselipainoin. Teräskelojen kuljettamiseen käytettäviä 250 kN:n akselipainon sallivia vaunuja on suunnitelmissa hankkia vuonna 2008. Tällä hetkellä on kaksi uutta ja erilaista 250 kN:n akselipainon sallivaa raakapuuvaunutyyppiä koekäytössä vuorotellen eri metsäyhtiöasiakkailla. Tähän mennessä asiakkaiden mielipiteet kokeilussa olevista uusista raakapuuvaunuista ovat olleet yleisesti positiivisia ja uusia vaunuja toivotaan liikenteeseen mahdollisimman nopeasti. Tällä hetkellä mietitään kuitenkin, kannattaako hankkia uusia kalliita raakapuun kuljetusvaunuja, koska 250 kN:n verkko on epävarma.

Raskaan tavaraliikenteen vaikutus tärinän aiheuttajana on kiistaton. Tärinän suuruuteen vaikuttaa moni asia ja akselipaino on vain yksi niistä. Juuri akselipainon vaikutuksesta tärinään ei ainakaan Suomessa ole saatu yleispäteviä tutkimustuloksia. Joillain Suomen rataosuuksilla on keskimääräistä suuremmat tärinähaitat, mitkä esiintyvät pääosin rataosuuksilla, joilla on Suomen ja Venäjän välistä yhdysliikennettä. Tärinälle on olemassa Suomessa vain ohjeelliset raja-arvot. Tällä hetkellä ei ole tiedossa EU:n kautta tulevia pakottavia raja-arvoja. Tärinälle alttiit rataosuudet otetaan akselipainojen nostossa huomioon ja varmistetaan, että tärinän raja-arvot eivät ylitä. Tarvittaessa radan rakennetta vahvistetaan tai liikennettä rajoitetaan. VTT:llä on käynnissä liikennetärinä tutkimus (LIIKEVÄ) ja kehitteillä tärinän mallintamiseen käytettävä TREMOR-ohjelmisto. Yhteispohjoismaisen tärinä tutkimuksen ”Joint Nordic Railway Vibration Research Project–NORDVIB” yhteydessä kehitettiin tärinän arviointiin Norjalainen Madshusin malli, jolla voi laskea myös akselipainon noston vaikutusta tärinään. Tärinän vaikutuksia vanhoilla radoilla vähennetään tällä hetkellä vain nopeusrajoituksilla. Teknisiä toimenpiteitä, joita on kokeiltu tärinän vaimentamiseen/poistamiseen, ovat syvästabiloitu pilariseinämä, teräsponttiseinä, asfalttirakenteet sekä paaluille perustaminen. Luultavasti pelkkä akselipainon korotus ei anna aiheutta toteuttaa tällaisia toimenpiteitä.

8.4 Luumäki–Imatra-rataosuuden tarkastelu

Luumäki–Imatra-rataosuus on 65 km pitkä (ratakilometrit 250+540–326+542), yksiraiteinen ja sähköistetty D-luokan rata. Rataosuuden kunnossapitotaso on 1 ja suurin sallittu nopeus on 140 km/h. Tavaraliikenteen suurin sallittu akselipaino on 225 kN. Rataosuudella on 10 ratapihaa; Luumäki, Rasinsuo, Törölä, Tapavainola, Lappeenranta, Lauritsala, Muukko, Joutseno, Rauha, Imatra ja Imatra. Rataosuudella on viisi tasoristeystä. Imatran tavarasema on merkittävä tavaraliikenteen järjestelyratapiha. Ratapihalla on parhaillaan käynnissä muutos- ja korjaustöitä. Ratapihankin toimivuuteen vaikuttava liikenteellinen ongelmakohta on lähinnä Luumäki–Imatra-rataosuuden tukkoisuus ja paikoittainen täyskapasiteetti.

Luumäki–Imatra-välin päällysrakenne on uusittu vuosina 2000 ja 2004. Rataosuus on yleisesti hyväkuntoista rataa. Päällysrakenteen sijaan suurempana esteenä akselipainon nostolle ovat sillat ja mahdolliset pohjanvahvistustoimenpiteet. Tärinän suhteen

Luumäki–Imatra-rataosuus ei ole kovin ongelmallinen. Luumäki–Imatra-rataosuudella liikennöidään erilaisilla lähinnä metsäteollisuuden tuotteiden kuljettamiseen käytettävillä vaunuilla. Kuusankoski/Imatra–Kouvola–Kotka/Hamina-rataosuuksilla on tällä hetkellä käytössä paperikuljetuksiin osittain 250 kN:n akselipainolle soveltuvia Simn-t-siirtokatevaunuja vajaakuormilla. Luumäki–Imatra-rataosuudella suurimpia tavaravirtoja aiheuttavat metsäteollisuuden kuljetukset, etenkin raakapuukuljetukset. Rataosuuden läheisyydessä on paljon merkittäviä metsäteollisuuden asiakkaita. Raakapuukuljetusten tuonti tulee painottumaan tulevaisuudessa yhä selkeämmin Imatrankosken reitille, ja tuonnin kasvun arvioidaan jatkuvan. Yleensä ottaen voidaan myös arvioida, että rautatiekuljetusten kilpailukyky säilyy hyvänä.

Luumäki–Imatra-rataosuus kuuluu kiireellisimpiin akselipainon nostoa tarvitseviin rataosuuksiin. Jos rataverkolla ei tehdä pikaisia välityskyvyn parantamistoimenpiteitä, vaikeutuu mm. tavaraliikenteen hoito ja viivytykset lisääntyvät. Tavoitteena on parantaa välityskykyä sekä varmistaa rautatiekuljetusten kilpailukyky ja kehittyminen. Tärkein ja kiireellisin toimenpide, minkä tavoitteiden saavuttaminen edellyttää, on Luumäki–Imatra-kaksoisraiteen rakentaminen, jonka kustannusarvio on 123 M€ vuonna 2002. Kustannusarvio edellyttää, että akselipainon nosto 250 kN:iin toteutetaan rataosuudella erillishankkeena (noin 12 M€ vuonna 2002). Akselipainon nostoa voitaisiin ainakin aluksi hyödyntää metsäteollisuuden paperi- ja raakapuukuljetuksissa.

Luumäki–Imatra-rataosuudella on 50 siltaa ja 55 rumpua. Osuudelta 9 siltaa voidaan luokitella riskisilloiksi, joiden korjausten yhteiskustannusarvio on 8 M€. Merkittävimmät riskisillat ovat Saimaan kanavan silta ja Imatran Mansikkakosken silta. Riskirumpuja on yhteensä 11. Riskirumpujen kokonaiskustannusarvio on 550 000–1 100 000 euroa, jos kaikki riskirummut korjataan tai uusitaan. Luumäki–Imatra-rataosuudella on 10 pehmeikköä. Pehmeiköt sijoittuvat Luumäen ja Lappeenrannan välille. Osasta pehmeiköistä ei ole tarpeeksi tietoja, joten niiden stabiliteetti on epävarma.

LÄHDELUETTELO

Kirjallisuuslähteet

- /1/ Brecciaroli, F., Kolisoja, P., *Ratapenkereitten leveys ja luiskakaltevuus, esitutkimus*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 9/2004. Helsinki 2004. 77 s. + liitt.
- /2/ Brecciaroli, F., Kolisoja, P., *Stabiliteetiltaan kriittiset ratapenkereet. Esitutkimus*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 8/2004. Helsinki 2004. 107 s. + liitt.
- /3/ Esveld, C., *Modern Railway Track, Second Edition*. MRT Productions, Zaltbommel, 2001.
- /4/ Fröberg, M., *Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2001. Helsinki 2001. 74 s. + 1 liite.
- /5/ Haakana, P., Salokangas, L., *Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 7/1999. Helsinki 1999. 23 s. + 5 liitt.
- /6/ Harju J., Mustonen J., Valtonen J., Levomäki M., Hartikainen O., Meriläinen J., *Raidetutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2001. Helsinki 2001. 90 s.
- /7/ Heinonen, J., *Ratarummut, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 8/1999. Helsinki 1999. 27 s.
- /8/ Hirsjärvi S., Hurme H., *Teemahaastattelu*. Tampere 1980. 144 s.
- /9/ Iikkanen, P., Kosonen, T., Rautio, J., *Kaakkois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2005. Helsinki 2005. 34 s.
- /10/ Kolisoja, P., Järvenpää, I., Mäkelä, E., *Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 10/2000. Helsinki 2000. 99 s. + liitt.
- /11/ Kolisoja, P., Niskanen, P., Mäkelä, E., Levomäki, M., *Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 6/1999. Helsinki 1999. 135 s.
- /12/ Kosonen, T., Saarinen, M., Hovi, S., Rintakumpu, T., Iikkanen, P., *Rautateiden tavaraliikenteen muutosten hallinta Kaakkois-Suomessa. Nykytilanteen kartoitus*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005. 43 s. + liitt.
- /13/ Lehtomäki, J., *Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2000. Helsinki 2000. 62 s. + 1 liite.

- /14/ Levomäki, M., *Rautatieliikenteen aiheuttama tärinä, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/1999. Helsinki 1999. 37 s. + liitt.
- /15/ Levomäki, M., Valtonen, J., *Loppuraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 5/2001. Helsinki 2001. 48 s. + 1 liite.
- /16/ Nurmikolu A., *Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa. Kirjallisuusselvitys*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2004. Helsinki 2004. 193 s.
- /17/ Nurmikolu, A., *Degradation and Frost Susceptibility of Crushed Rock Aggregates Used in Structural Layers of Railway Track* ("Radan rakennekerroksissa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyyys"). Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 567. Tampere 2005. 235 s. + liitt.
- /18/ Nurmikolu, A., *Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2000. Helsinki 2000. 93 s. + 4 liitt.
- /19/ Nurmikolu, A., *XPS-routaeristelevyt ratarakenteessa, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 2/2001. Helsinki 2001. 97 s. + liitt.
- /20/ Rataseminaari 2004-2005. Tampereen teknillinen yliopisto. Wheel rail interface. Coenraad Esveld (TU Delft Railway Engineering) luento 29.9.2004.
- /21/ *Rataverkko 2020*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2002. 27 s.
- /22/ *Rautatieliikenne 2030*. Radanpidon pitkän aikavälin suunnitelma. Ratahallintokeskuksen julkaisuja 2/2006. Ratahallintokeskus. Helsinki 2006.
- /23/ Silvast M., Nurmikolu A., Noukka J., *Ratasepelitutkimus rataosuudella Pieksämäki–Kuopio / km 419-459. Tutkimusraportti 15.12.2005*. Ratahallintokeskus 2005. 23 s. + liitt.
- /24/ Silvast, M., Nurmikolu, A., *Radan päällys- ja alusrakenteen tutkiminen maatutkalla*. Tutkimusraportti. Loppuraportti 22.6.2005. 57 s.
- /25/ *Toiminta- ja taloussuunnitelma*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005. 64 s. + liitt.
- /26/ Törnqvist, J., Nuutilainen, O., *Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin–vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen*. VTT, Espoo 2002. 56 s. + liitt.
- /27/ Törnqvist J., Talja E., *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa*. VTT working papers 50. Espoo 2006. 46 s. + liitt.

Reittiselvitykset

- /28/ 25 tn akselipainoselvitys. Raportti. Ratahallintokeskus. 2001.
- /29/ Akselipainon korottaminen rataosalla Eljäjärvi-Röyttä. Yleissuunnitelma. Loppuraportti 16.1.2004. Ratahallintokeskus 2004. Oy VR-Rata Ab.
- /30/ Akselipainoselvitys Jämsänkoski-Rauma suunnitelmaselostus, esikopio 12.12.2002. Ratahallintokeskus 2002.
- /31/ Itä-Suomen alustava akselipainoselvitys. Rekisteri- ja palvelusopimus 2006. Seminaari 18.-19.4.2006. Ratahallintokeskus 2006.
- /32/ Luumäki-Imatra T -kaksoisraideselvitys 31.5.2002. Ratahallintokeskus 2002. 46 s. + liitt.

Ohjeet, määräykset ja standardit

- /33/ EN-standardiluonnos prEN 15528 "Railway applications - Classification of lines - Corresponding load limits for railway vehicles and payload for freight wagons", 6/2006.
- /34/ Junaturvallisuussäntöön liittyvät tekniset määräykset ja ohjeet (JTT). Muutoslehti 2. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005.
- /35/ Järnvägsnåtsbeskrivning T07, Banverket, Borlänge 2006
- /36/ Komplement BVK 2006.005, Tillåtna hastigheter för trafik med 25 tons axellast.
- /37/ Liikkuvan kaluston tekniset määräykset ja ohjeet (LIMO), osa 1. Liikkuvan kaluston yleiset tekniset määräykset. Ratahallintokeskus. Helsinki 1998. 17s. + liitteet.
- /38/ Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 15. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005. 27s. + liitteet.
- /39/ Ratahallintokeskuksen rekisteritietoja. Marko Tuominen 1.8. ja 8.8.2006.
- /40/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 1. Yleiset perusteet. Ratahallintokeskus. Helsinki 1995. 8s.
- /41/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 3. Radan rakenne. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005. 44 s. + liitt.
- /42/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 4. Vaihteet. Ratahallintokeskus. Helsinki 2000. 65 s. + liitt.
- /43/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 7. Rautatieliikennepaikat. Ratahallintokeskus. Helsinki 2006. 84 s. + liitt.
- /44/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 8. Sillat. Ratahallintokeskus. Helsinki 2000. 43 s. + liitt.
- /45/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 9. Tasoristeykset. Ratahallintokeskus. Helsinki 2004. 47 s.

- /46/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 11. *Radan päällysrakenne*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2002. 87 s. + liitt.
- /47/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 13. *Radan tarkastus*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005. 51 s. + liitt.
- /48/ *Rumpujen korjausohje (RUMKO)*. Ratahallintokeskuksen ohjeita O 1/2006. Helsinki.
- /49/ *SFS-EN 13450 Raideseplikiviainekset, CE-merkintä*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- /50/ SFS-EN 1991-2:en. "Eurocode 1: Actions on structures. Part 2: Traffic loads on bridges", 3/2004.
- /51/ *Standardin SFS-EN 13450 raideseplikiviainekset kansallinen soveltamisohje*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2004.
- /52/ UIC-määrelehti 518-2. Supplement to UIC Leaflet 518: "Application to wagons with axleloads more than 22,5 t and up to 25 t". 2004.
- /53/ UIC-määrelehti 700, "Classification of lines - Resulting load limits for wagons", 10th edition. 11/2004.
- /54/ *XPS-routalevyjen tekniset toimitusehdot*. Ratahallintokeskus. Helsinki 2002

Artikkelit, esitteet ja luennot

- /55/ Artikkelit "VR Cargo kehittää uusia raakapuuvaunuja". VR Cargon asiakaslehti Transpress. 2/2006.
- /56/ Levomäki M., Välke T., 250 kN:n akselipainoista saadut kokemukset ja kehitysnäkymät. Rautatietekniikka lehti. 1/2004.
- /57/ Nummelin 14.3.06. Nummelin M., luento 14.3.2006. Rautatietekniikka Yhd-10.140.
- /58/ *Strategiakortti Rataosa Tampere–Oulu*. Ratahallintokeskus 11.10.2005.

Haastattelut

- /59/ Auranen, K., (2006). Projektipäällikkö Kari Aurasen sähköposti 13.9.2006. CM-Urakointi Oy.
- /60/ Brecciaroli, F., (2006). Fabrizio Brecciarolin haastattelu Tampere 20.6.2006. Tampereen teknillinen yliopisto, Maa- ja pohjarakenteet.
- /61/ Imeläinen, J., (2006). Puhelinkeskustelu kunnossapitäjä Jorma Imeläisen (Oy VR Rata Ab) kanssa 20.12.2006.
- /62/ Karhu, O., (2006). Osmo Karhun sähköposti 9.8.2006. Oy VR Rata Ab, Kunnossapito.
- /63/ Kolisoja, P., (2006). Professori Pauli Kolisojan haastattelu Tampere 20.6.2006. Tampereen teknillinen yliopisto, Maa- ja pohjarakenteet.

- /64/ Korander, K., (2006). Ratahallintokeskus, ylitarkastaja, keskusteluja ja sähköposteja 4/2006 - 8/2006 välisenä aikana.
- /65/ Lammi, J., (2006). Karjaan kunnossapitoyksikön vastaavan mestarin Jaakko Lammin haastattelu Kirkniemi 30.6.2006. Oy VR-Rata Ab.
- /66/ Lindberg, J., (2006). Ratahallintokeskus, ylitarkastaja, keskustelut ja useita sähköposteja 2/2006 - 9/2006 välisenä aikana.
- /67/ Mattsson, H., (2006). Liikenteen ohjaajan Hans Mattssonin kanssa käyty keskustelu Kirkniemi 30.6.2006. VR yhtymä.
- /68/ Nissinen, M., (2006). Ratahallintokeskus, Investointiosasto, ylitarkastaja, sähköposteja 6/2006 - 9/2006 välisenä aikana.
- /69/ Nurmikolu, A., (2006). Antti Nurmikolun haastattelu Tampere 20.6.2006. Tampereen teknillinen yliopisto, Maa- ja pohjarakenteet.
- /70/ Ojanperä, K., (2006). Kari Ojanperän haastattelu Helsinki 21.6.2006 ja useita sähköposteja ajalla 6/2006 - 12/2006. Peverk Oy.
- /71/ Pussinen, J., (2006). Jyrki Pussisen haastattelu Helsinki 6.6.2006. VR Osakeyhtiö, junaliikennöinti, Ratahankkeet.
- /72/ Tuomisto, A., (2006). Vastaavan mestarin Antero Tuomiston sähköposti 9.8.2006. Oy VR-Rata Ab, Kunnossapitoyksikkö.
- /73/ Widfält, B., (2006). Järjestelymestari Bjarne Widfältin kanssa käyty keskustelu Kirkniemi 30.6.2006. VR Cargo.
- /74/ Viitala, T., (2006). Ylitarkastaja Tuomo Viitalan haastattelu Helsinki 2.6.2006. Ratahallintokeskus, Rataverkko-osasto, tekninen yksikkö.
- /75/ Wuorenjuuri, J., (2006). Siltasuunnittelija Janne Wuorenjuuren haastattelu Helsinki 30.5.2006. Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Siltaryhmä.
- /76/ Välke, T., (2006). Apulaisjohtaja Timo Välkeen kanssa käydyt keskustelut 6.6.2006 ja 17.8.2006. Ratahallintokeskus, liikennejärjestelmäosasto, apulaisjohtaja.

Internet-sivut

- /77/ Granlund M. (2006). Miikka Granlundin valokuva Taimn-t - rikastevaunusta <http://makasiiniraide.fi/kalusto/tv_t.html#taimn-t> 12.6.2006.
- /78/ Hakkarainen E. (2006). Eeropekka Hakkaraisen valokuva Simn-t siirtokatevaunusta <<http://vaunut.org/kuvasivu/1394>> 19.9.2006.
- /79/ K Industrier Ab, <http://www.kockumsindustrier.se>
- /80/ Liikenne- ja viestintäministeriö 14.6.2006 <<http://www.lvm.fi/scripts/cgiip.exe/WService=lvm/cm/pub/showdoc.p?docid=2020&menuid=66%C3%BE318&channelitemid=8670&channelid=68>>
- /81/ Liikenne- ja viestintäministeriö 14.6.2006 <<http://www.mintc.fi/scripts/cgiip.exe/WService=lvm/cm/pub/showdoc.p?docid=2033&menuid=119>>

- /82/ Makasiiniraide 12.6.2006 <www.makasiiniraide.fi/kalusto/tv_sl.html>
- /83/ Makasiiniraide 13.6.2006 <www.makasiiniraide.fi/kalusto/tv_h.html>
- /84/ Ratahallintokeskus 9.8.2006. Lehdistötiedote 21.7.2006. "Rataa parannetaan välillä Pännäinen–Pietarsaari–Alholma" <<http://www.rhk.fi/?x31161=40328>>
- /85/ Ratahallintokeskus 9.8.2006. Lehdistötiedote 28.7.2006. "Kolme uutta ratahanketta käynnistyy vuonna 2007" <<http://www.rhk.fi/--print?x31161=40278>>
- /86/ Vihermaa. FIN-MIPS Liikenne –tutkimushankkeen päätösseminaarin. Helsinki, Ympäristöministeriö 3.4.2006. "Infra raskas, liikenne kevyt?" – Case Rautatie MIPS. MMM Leena Vihermaan luentokalvot. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=49497&lan=fi>>
- /87/ VR Cargo 12.6.2006 <<http://www.vrcargo.fi/vaunukuvasto/habbin.shtml>>
- /88/ VR Cargo 12.6.2006 <<http://www.vrcargo.fi/vaunukuvasto/simn.shtml>>
- /89/ VR Cargo 12.6.2006 <<http://www.vrcargo.fi/vaunukuvasto/taimn-t.shtml>>
- /90/ VR Cargo 13.6.2006 <<http://www.vrcargo.fi/transpress/index.shtml>>.
- /91/ VR Cargo 13.6.2006 <<http://www.vrcargo.fi/vaunukuvasto/sdggngss-w.shtml>>
- /92/ Wikipedia 25.7.2006. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/SECU>>

Muuta kirjallisuutta

- Hakulinen, M., *Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa*. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 5/1999. Helsinki 1999. 23 s.
- Helaakoski, R., Meriläinen, A., *Rautateiden tavarakuljetusten kehitysnäkymät ja Etelä-Karjalan logistinen asema*. Etelä-Karjalan liitto 2006. 20 s.
- Nurmikolu, A., Ratarakenteissa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkyys. Kokeellinen tutkimusosuus. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 9/2006. Helsinki 2006. 170 s. + liitt.
- Talja E., *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta*. VTT tiedotteita 2278. Espoo 2004. 50 s. + liitt.

Stabiliteettiasioissa auttoivat:

- Immonen J. (2006). Immonen Jorma. Tieliikelaitos, Suunnittelupalvelut, Geosuunnittelu. Keskustelu 16.6.2006 ja kommentit 8/2006 ja 9/2006.
- Kari S. (2006). Kari Sami. Tieliikelaitos, Suunnittelupalvelut, Geosuunnittelu. Keskustelu 16.6.2006.

Kävelytarkastukset (Työssä käytetyt valokuvat on otettu tarkastuksilta.):

Imatra 17.5.2006. Kunnossapitäjä Osmo Karhun mukana. Oy VR Rata Ab.

Lappeenranta 31.5.2006. Kunnossapitäjä Hannu Rötkön mukana. Oy VR Rata Ab.

LIITELUETTELO

Liite 1 Taulukko 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta

Luumäki–Imatra-rataosuuden ratapihat

- Liite 2.1 Luumäki
- Liite 2.2 Rasinsuo
- Liite 2.3 Törölä
- Liite 2.4 Tapavainola
- Liite 2.5 Lappeenranta
- Liite 2.6 Lauritsala
- Liite 2.7 Muukko
- Liite 2.8 Joutseno
- Liite 2.9 Rauha
- Liite 2.10 Imatra

Liite 3.1–3.7 Kävelytarkastuslomakkeet Luumäki–Imatra-rataosuudelta

Liite 4 Siltarekisteri Luumäki–Imatra-rataosuudelta

Liite 5 Rumpurekisteri Luumäki–Imatra-rataosuudelta

Liite 1. Taulukko 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta

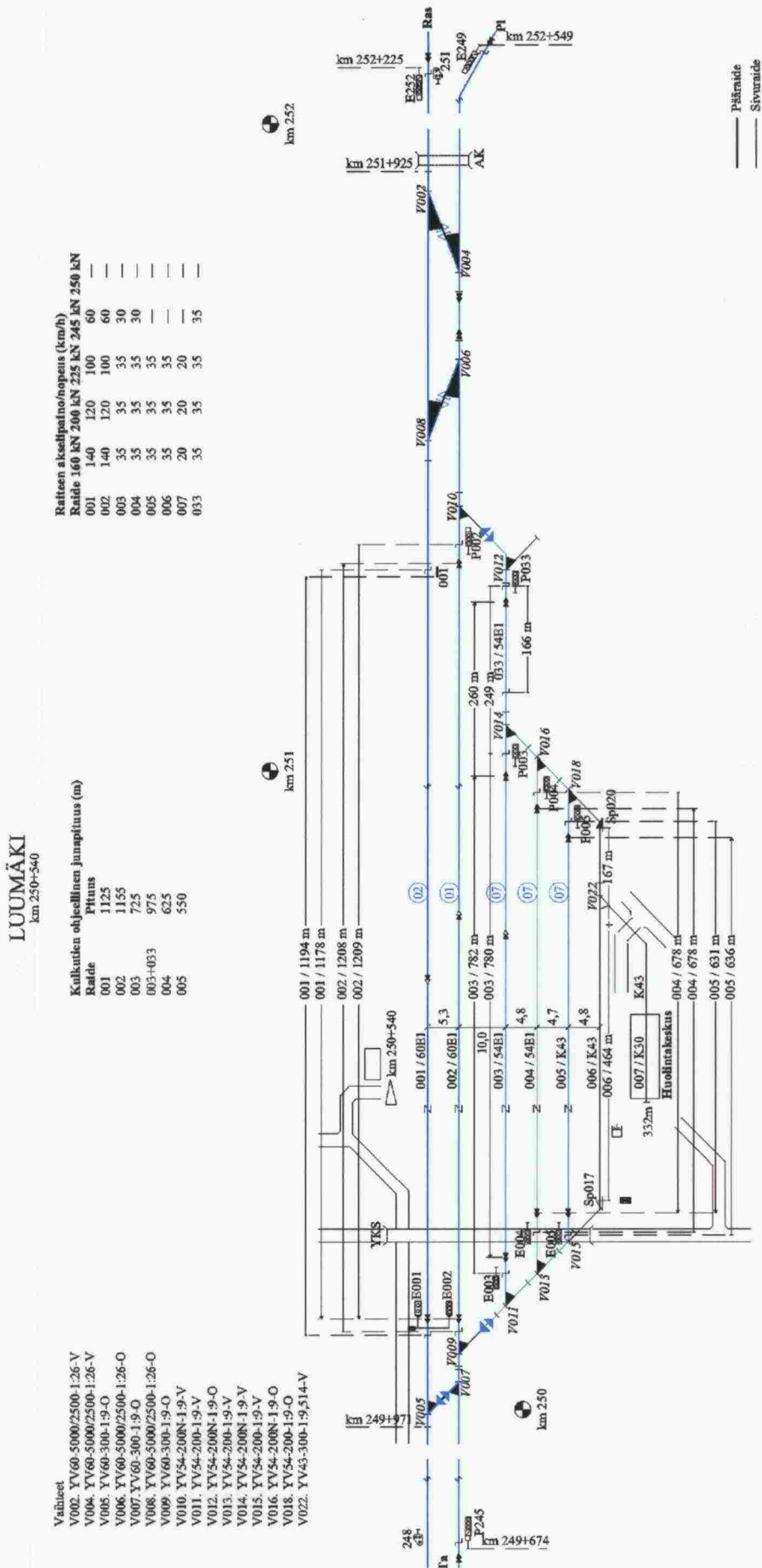
Rataosuus	Km	Käyttöönottovuosi/- tavoitevuosi	Onko kotimaisia 250 kN:n akselipainon sallivia vaunuja käytössä	Mitä kuljetuksia *	Kustannusarvio **	Toteutustapa ** (korvausinvestointi/ kehittämisinvestointi)	Eri suunnitteluvaiheita/ selvityksiä	Muuta huomioitavaa
Käytössä (Valmilla 2008 kuvassa 1)								
Kirkkijärvi - Hanko	71 km	2002 (21.10.2002)	on	paperiteollisuuden kuljetuksia	-		25 tn akselipainoselvitys 5.10.2001	
Harjavalta - Mäntyluoto	46 km	2003 (12.1.2003)	on	rikastekuljetuksia	-		25 tn akselipainoselvitys 5.10.2001	
Helsinki - Tampere	187 km	2006	osittain vajaanuomilla *	metalliteollisuuden*, metsäteollisuuden*, ja yhdistettyä kuljetuksia	-		Työt tehty, edellyttää koeajaja	
Kerava - Lahti (Oikorata)	74 km	3.9.2006	osittain *	nestekuljetuksia, ja paperikuljetuksia ja mahdollisesti sisämaan terminaalia	331 M€	kehittäminen	Tarveselv., yleissuun- rakennussuun., työ valmistuu 2006	
Kokemäki - Rauma	47 km	2007 ***	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden kuljetuksia	24 M€	korvaus	Jämsänkoski - Rauma suunnitelmaselostus, esikopio 12.12.2002	Osa 250 kN:n reittiä.
Vuosaaren satama - Kerava	19 km	2008	-	mm. paperi- ja teräskuljetuksia	186 M€ ****	kehittäminen	Eritään monia selvityksiä, mm. yleissuunnitelma, YVA, rakennussuunnittelu.	Rata toteutetaan Tiehallinnon johtamana erillishankkeena, jolle valtion budjetissa on annettu oma momenttinsa, joka käsittää radan, tiet ja meriväylän. ****
Kilireisijimmät reitit, käyttöön ennen vuotta 2015 (1 kilireisijäluokkaa (2015 kuvassa 1))								
Jämsänkoski - Kokemäki	198 km	2010 ***	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden kuljetuksia	-	korvaus	Jämsänkoski - Rauma suunnitelmaselostus, esikopio 12.12.2002, TTS 07-10 kehittämissuunnitelma	Tavoitekäyttöönottovuosi 2008, vaikka alennettu nopeuksiin *. Nosto riippuu rahoitustasosta. Perustarannushankkeen yhteydessä.
Imatra - Luumäki ja Kouvola - Kotka/Hamina	138 km	2010-2011 ***	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden kuljetuksia, Kouvola - Luumäki - välillä myös mm. nestekuljetuksia	23 M€ ***	korvaus	TTS 07-10 kehittämissuunnitelma, teemapaketti, Kasu ennen 2010, Kouvola - Lauritsala ja Kouvola - Kotka/Hamina suunnitelmat tehty, mutta vaativat lisäselvitystä rahoitustasosta.	Tavoitekäyttöönottovuosi aikaisemmin, vaikka alennettu nopeuksiin *. SEC:Ujen konfliktuksen on mahdollista siirtää satamasta tehtaille akselipainon noston myötä. Asiaa selvitetään eri tahollilla *. Nosto riippuu rahoitustasosta.
Kouvola - Kuusankoski	10 km	2009-2015 ***	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden kuljetuksia	2,5 M€	korvaus	Rakennussuunnittelu käynnissä (2006)	Kuntoon päällysrakenteen kunnostuksella, nostoa ei voida hyödyntää ennen Kouvola - Kotka/Hamina välien nostoa
Tampere - Seinäjoki	160 km	2009-2015 ***	osittain vajaanuomilla *	yhdistettyä-, metalli- ja metsäteollisuuden kuljetuksia	15 M€	korvaus	Selvityksiä 2005-06	Palvelutason parantamishanke, osa 250 kN:n reittiä
	120 km	2012 ****	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden- ja nestekuljetuksia	185 M€ (Lahti - Luumäki) ***	kehittäminen	Yleissuunn. vuonna 2004, YS:n tarkistus 2006	Tavoitekäyttöönottovuosi 2010, vaikka alennettu nopeuksiin *. Palvelutason parantamishanke, Lahti - Luumäki välin parantaminen käynnistyy vuonna 2007 /85/.
Luumäki - Vanhikkala	32 km	2012 ****	osittain vajaanuomilla *	metsäteollisuuden- ja nestekuljetuksia	-	kehittäminen	Yleissuunn. vuonna 2004, YS:n tarkistus 2006	Tavoitekäyttöönottovuosi 2010, vaikka alennettu nopeuksiin *. Palvelutason parantamishanke.
Seinäjoki - Oulu	335 km	2014 ***	osittain vajaanuomilla vaunuja saatavaa tulla lisää vuonna 2008, vaunuhankintaa selvitetään *	metalliteollisuuden*, rikaste-, metsäteollisuuden- ja yhdistettyä kuljetuksia	545 M€	kehittäminen	Tarveselvitys 2003, alustava YS 2005 ja YS 2006.	Tavoitekäyttöönottovuosi 2012, vaikka alennettu nopeuksiin *. Kuljetukset odotettavat akselipainon nostoa. Palvelutason parantamishank- keen I vaihe käynnistyy 2007 /85/.

Liite 1. Taulukko 250 kN:n akselipainon tavoiteverkosta

Rataosuus	Km	Käyttöönottovuosi / - tavoitevuosi	Onko kotimaisia 250 kN:n akselipainon sallivia vauvoja käytössä	Mitä kuljetuksia *	Kustannusarvio **	Toteutustapa ** (korvausinvestointi/ kehittämisinvestointi)	Eri suunnitteluvaiheita/ selvityksiä	Muuta huomioitavaa
Kilteillä toimivat reitit, käyttöön ennen vuotta 2015 (il kilteillä toimivuuksia (2015 kuvasa 1))								
Tuomioja - Raahen/Rautaruukki	31 km	2014 ***	ei *	metalliteollisuuden- ja mahdollisesti yhdistettyjä metsäteollisuuden kuljetuksia	10 M€			Tavoitekäyttöönottovuosi 2012, vaikka alennettu nopeuksiin *
Pännäinen - Pietarsaari *	11 km	2014 ***	ei *					Tavoitekäyttöönottovuosi 2012, vaikka alennettu nopeuksiin *, Pohjanmaan radan yhteydessä *, Päälyrak. uusiminen käynnistyy vuonna 2006 /84/.
Kokkola - Yksiöpihlaja *	4 km	2014 ***	ei *	raakapuu- ja rikastekuljetuksia				Tavoitekäyttöönottovuosi 2012, vaikka alennettu nopeuksiin *, Pohjanmaan radan yhteydessä *
Tulisi olla käytössä vuonna 2015-2020 (il kilteillä toimivuuksia (2030) kuvasa 1))								
Imatra - Imatrankoski ***	5 km	2015-2020	osittain vajaakuomilla *	pääosin raakapuu kuljetuksia	-			
Kokemäki - Harjavalta	11 km	2015-2020	osittain vajaakuomilla *	rikaste- ja sahanavarakuljetuksia	-		Ei tehty selvityksiä ***	Poistaa kaikon ralaosalta. Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin.
Toijala - Turku	130 km	2015-2020	ei *	varautuminen läntisen transiiton kehitykseen, metallikuljetukset, jonkin verran metsäteollisuuden kuljetuksia	63 M€ (sis. myös korvausinvestointituk- sukset)	korvaus	Pehmeikköselvitys, rakennussuunnittelu käynnissä	Päälyrakenteen uusiminen käynnissä. ***
Hyvinkää - Kirkniemi	78 km	2015-2020	ei *	metalli- ja metsäteollisuuden kuljetuksia	4 M€	korvaus	Ei tehty selvityksiä ***	Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin.
Oulu - Tornio	131 km	2015-2020	ei *	yhdistetyt kuljetukset, kansainvälisen liikenteen mahdollinen kehitys	6 M€	korvaus	Ei tehty selvityksiä ***	Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin
Vartiuss - Oulu	261 km	2015-2020	ei *	rikaste-, metsäteollisuuden- ja transiitokuljetuksia	ei tarkennettua	korvaus	Ei tehty selvityksiä ***	Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin
Riihimäki - Lahti	59 km	2015-2020	osittain vajaakuomilla *	metsäteollisuuden-, neste- ja transiitokuljetuksia			Ei tehty selvityksiä ***	Yhdistää pääradan ja läntisen pääradan 250 kN:n reitit, läntisen transiiton reitin osa. Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin
Niirala - Uimaharju	120 km	2015-2020	ei *	Uimaharjun teollisuuden kuljetukset			Ei tehty selvityksiä ***	Aikatauluus tarkennetaan myöhemmin
Jämsänkoski - Jyväskylä	53 km	2015-2020	ei *	paperikuljetuksia - käytössä automaattivaunut ja kuormatila tulee vastaan ennen akselipainon noston tarvetta, muutakin metsäteollisuutta				
Jyväskylä - Äänekoski *	47 km	2015-2020						
Muu tavoiteverkko (2030) (il kilteillä toimivuuksia (2030) kuvasa 1))								
Pieksämäki - Varkaus *	49 km	-> 2030						
Kouvola - Kuopio	270 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Jyväskylä - Pieksämäki	80 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Joensuu - Sillinjärvi	144 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Kuopio - Kontionmäki	192 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Kerava - Sköldvik	28 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Jisalmi - Ylivieska	154 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Imatra - Säkänemi	153 km	-> 2030					Ei tehty selvityksiä ***	
Ei oleita käyttöön								
Eläjä - Rönkä	39 km						Yleissuunnitelma 16.1.2004	

* VR:n puolelta haastattelussa esiin tullut. /71/
** RHK:n puolelta haastattelussa esiin tullut. /68/
*** RHK:n puolelta haastattelussa esiin tullut. /64/, /66/
**** RHK:n puolelta haastattelussa esiin tullut. /76/
***** CM-Urakointi Oy:ltä saatu tieto. /59/

Liite 2.1 Luumäki–Imatra-rataosuuden ratapihat



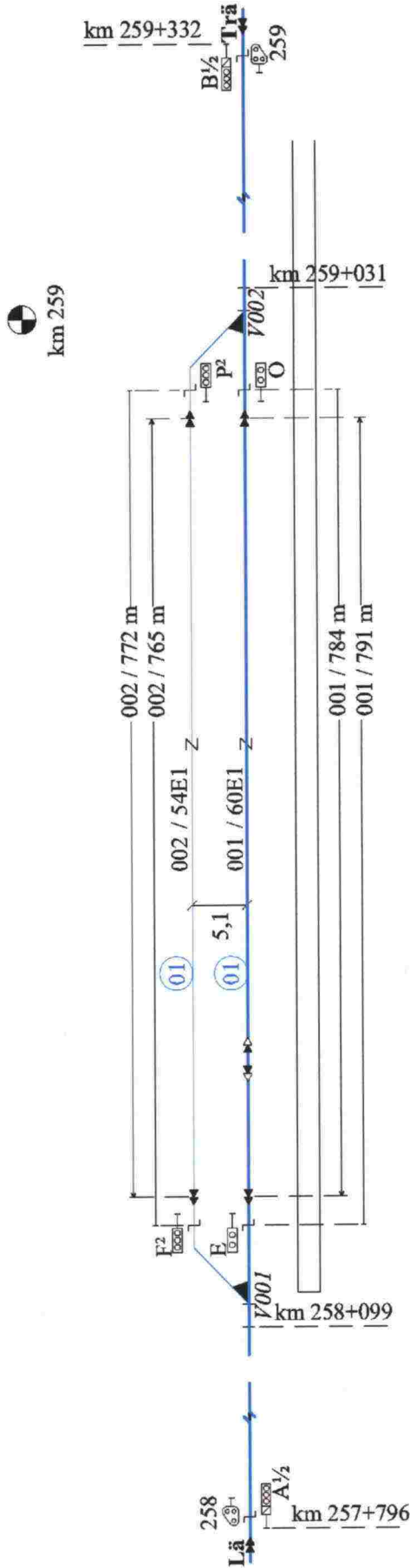
B	Railveer 033 nropeus 245 N jakajainpitäjä	13.01.08	TWK	27.02.08	MM
MOULDER	SELTYS	PML	TERKVT	PML	RYV
		RAITEISTOKAAVIO LUUMÄKI			



RASINSUO
km 258+510

Vaihteet
V001. YV54-200N-1:9-V
V002. YV54-200N-1:9-O

Kulkutien ohjeellinen junapituus (m)
Raide
001 725
002 725

Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)
Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN
001 140 120 100 60 —
002 35 35 35 30 —



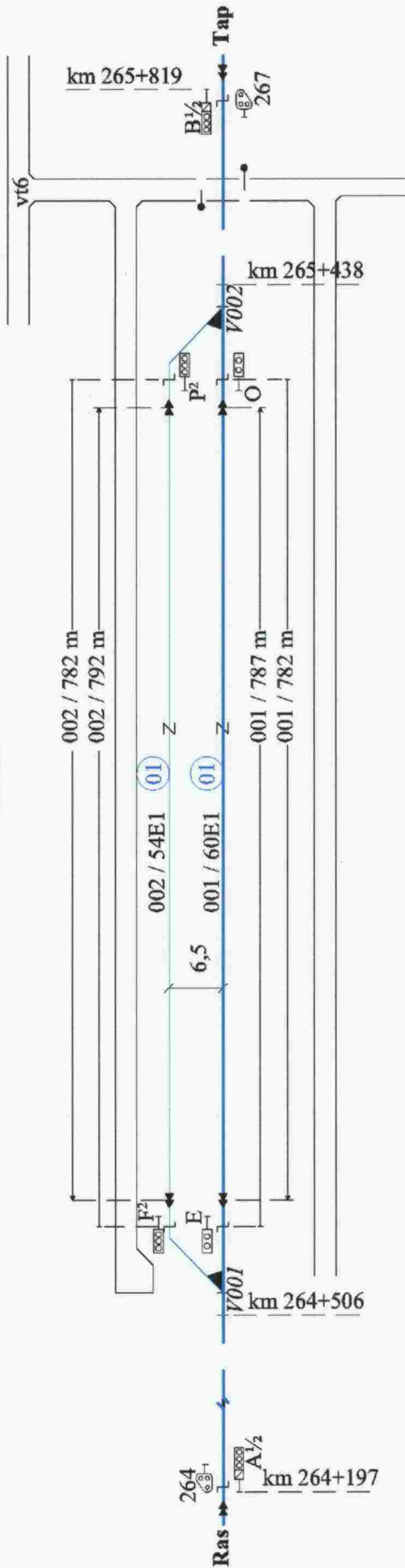
MUUTOS	SELITYS	RAITEISTOKAAVIO RASINSUO				PVM	TEHNYT	PVM	HYV.
	 RAUTATIEASUNNITTELU OY RAILWAY DESIGN CENTRAL	 Oy VR-Rata Ab Rautatieasunnittelu							
PVM	12.11.2004	RK TARK.	08.11.04 M.Puskala	PIIRI	02.06.04 T.Muhonen	RK. NO	4907-62-G-00145-I		
HYV.	M.Nummelin	TARK.	11.10.04 K.Ojanperä	HYV.	10.11.04 M.Majjala	PIIR. NO	4021-030-322-1/1		

Vaihteet
V001. YV54-200N-1:9-V
V002. YV54-200N-1:9-O

TÖRÖLÄ
km 264+972

Kulkutien ohjeellinen junapituus (m)
Raide
001 725
002 725

Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)
Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN
001 140 120 100 60 —
002 35 35 35 30 —



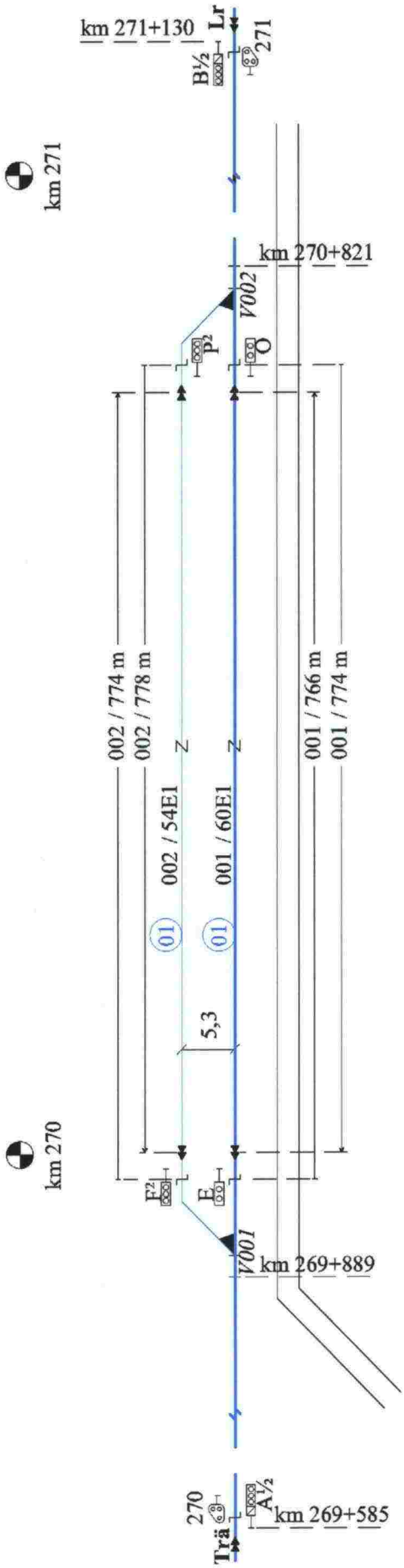
MUUTOS	SELITYS	RAITEISTOKAAVIO TÖRÖLÄ			
		Oy VR-Rata Ab Rautatieasunmittelu			
PVM	12.11.2004	RK TARK.	08.11.04 M. Puskala	PIRT.	03.06.04 T. Muhonen
HYV.	M. Nummelin	TARK.	11.10.04 K. Ojanperä	PIIR. N.O	4021-030-323-1/1


TAPAVAINOLA

Vaihteet	km 270+405	
	Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)	
	Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN	
V001. YV54-200N-1:9-V	001	140 120 100 60 —
V002. YV54-200N-1:9-O	002	35 35 35 30 —

Kulkutien ohjeellinen junapituus (m)	km 270+405	
	Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)	
	Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN	
Raide	001	140 120 100 60 —
	002	35 35 35 30 —

Raide	km 270+405	
	Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)	
	Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN	
	001	140 120 100 60 —
	002	35 35 35 30 —



MUUTOS	SELITYS	RAITEISTOKAAVIO TAPAVAINOLA			
		Oy VR-Rata Ab Rautatesuunnittelu			
PVM	12.11.2004	RK TARK.	08.11.04 M.Puskala	PIIRT.	03.06.04 T.Muhonen
HYV.	M.Nummelin	TARK.	11.10.04 K.Ojanperä	HYV.	10.11.04 M.Majjala
				RK. N:O	PIIR. N:O
				4021-030-324-1/1	

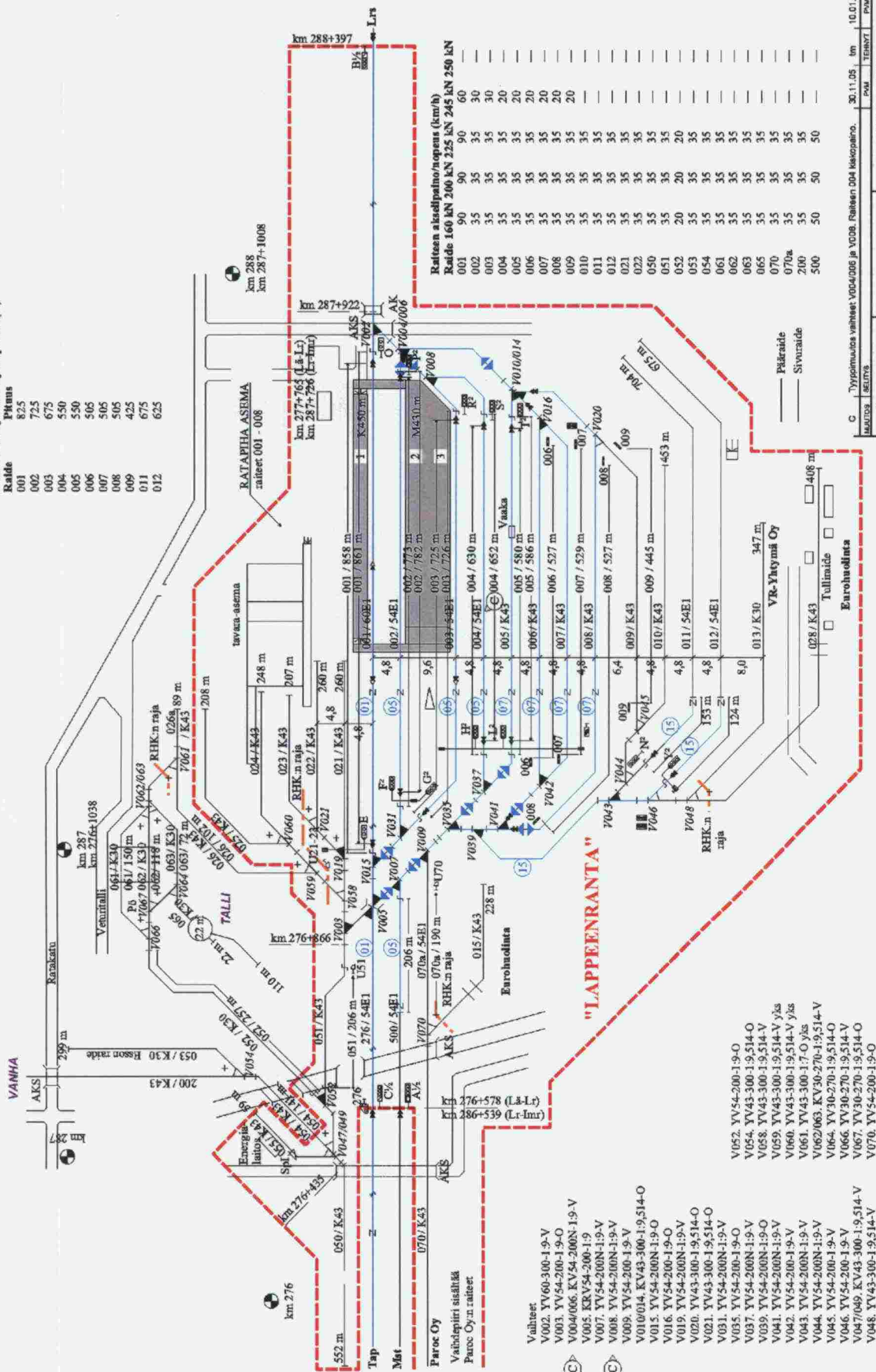
LAPPEENRANTA

km 287+726 (Lr-Imr)

Kalkutien ohjeellinen junaajapituus (m)

Raiteiden
Pituus

001 82,5
002 72,5
003 67,5
004 55,0
005 55,0
006 50,5
007 50,5
008 50,5
009 42,5
011 67,5
012 62,5



- Vaihteet
- V002, YV60-300-1-9-V
 - V003, YV54-200-1-9-O
 - V004/006, KV54-200N-1-9-V
 - V005, KRV54-200-1-9
 - V007, YV54-200N-1-9-V
 - V008, YV54-200N-1-9-V
 - V009, YV54-200-1-9-V
 - V010/014, KV43-300-1-9-514-O
 - V015, YV54-200N-1-9-O
 - V016, YV54-200-1-9-O
 - V019, YV54-200N-1-9-V
 - V020, YV43-300-1-9-514-O
 - V021, YV43-300-1-9-514-O
 - V031, YV54-200N-1-9-V
 - V035, YV54-200N-1-9-O
 - V037, YV54-200N-1-9-V
 - V039, YV54-200N-1-9-O
 - V041, YV54-200N-1-9-V
 - V042, YV54-200-1-9-V
 - V043, YV54-200N-1-9-V
 - V044, YV54-200N-1-9-V
 - V045, YV54-200-1-9-V
 - V046, YV54-200-1-9-V
 - V047/049, KV43-300-1-9-514-V
 - V048, YV43-300-1-9-514-V

MAUTTOJ	decimis	G	Typinmuutos vaihteet V004/006 ja V008. Rakenne OMA kaksipaino.	30.11.05	km	10.01.06	km	10.01.06	km
RAITEISTOKAAVIO									
LAPPEENRANTA									
Proj. 29.03.2004			Proj. 29.03.04 M. P. Järvelä						
Proj. 25.11.03 R. Tammela			Proj. 25.03.04 M. Järvelä						
Proj. 25.11.03 R. Tammela			Proj. 25.03.04 M. Järvelä						
Proj. 25.11.03 R. Tammela			Proj. 25.03.04 M. Järvelä						

Liite 2.7 Luumäki–Imatra-rataosuuden ratapihat

MUUKKO
km 297+112

Vaihteet

V311. YV60-300-1:9-O
V312. YV60-300-1:9-V
V313. YV54-200N-1:9-V
V314. YV54-200N-1:9-O

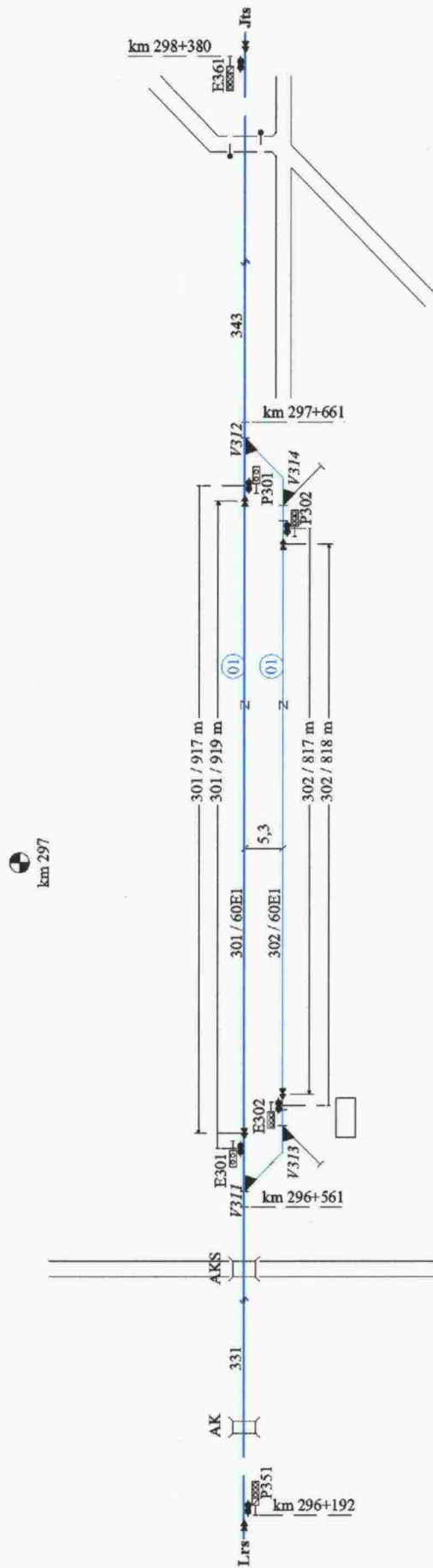
Kulkutien ohjeellinen junapituus (m)

Raide Pitius



302 775

ⓑ Raiteen akselipaino/nopeus (km/h)
Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN

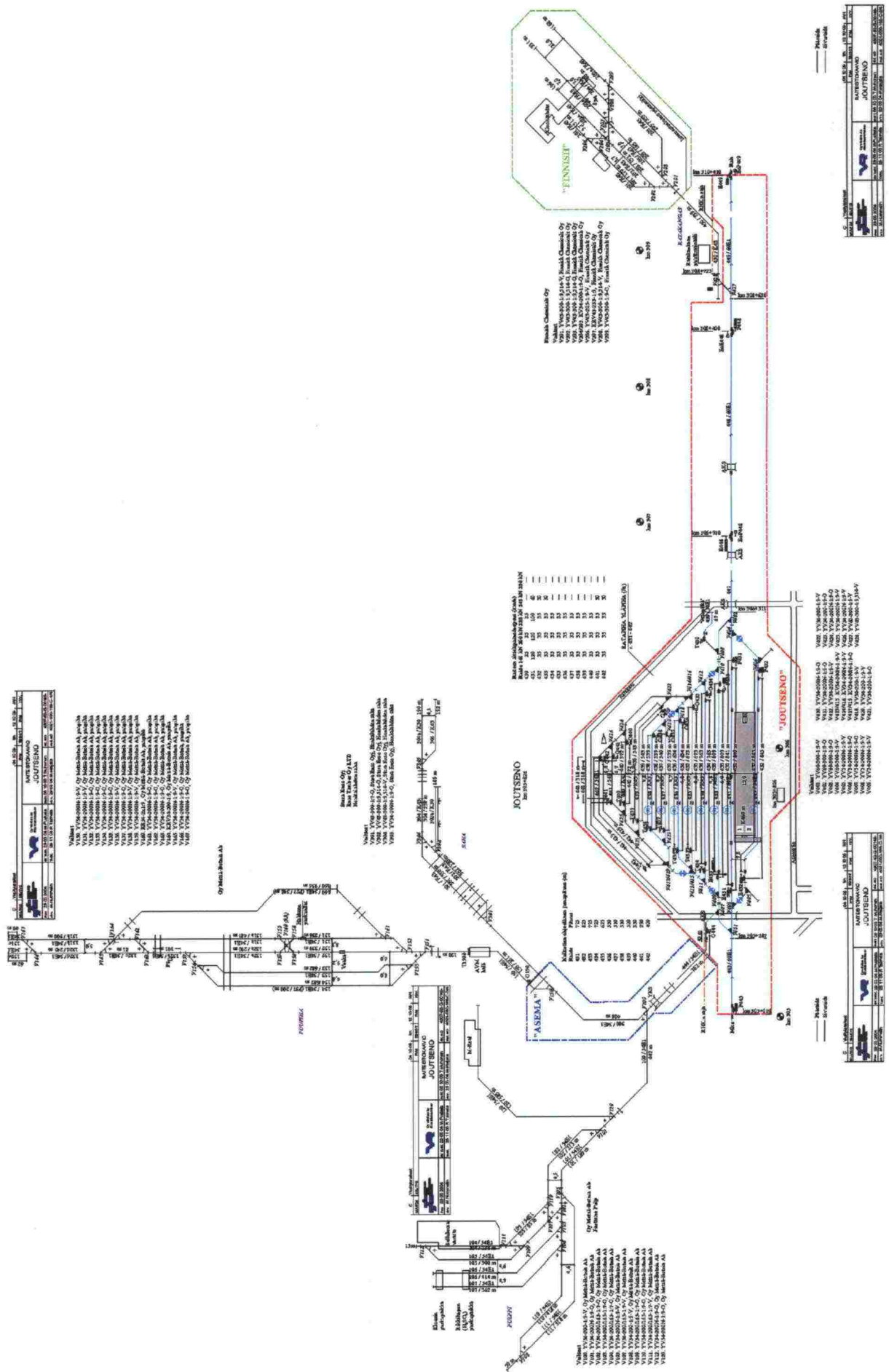
	120	120	120	100	60	—
Raide 160 kN 200 kN 225 kN 245 kN 250 kN						
301	120	120	120	100	60	—
302	35	35	35	35	30	—

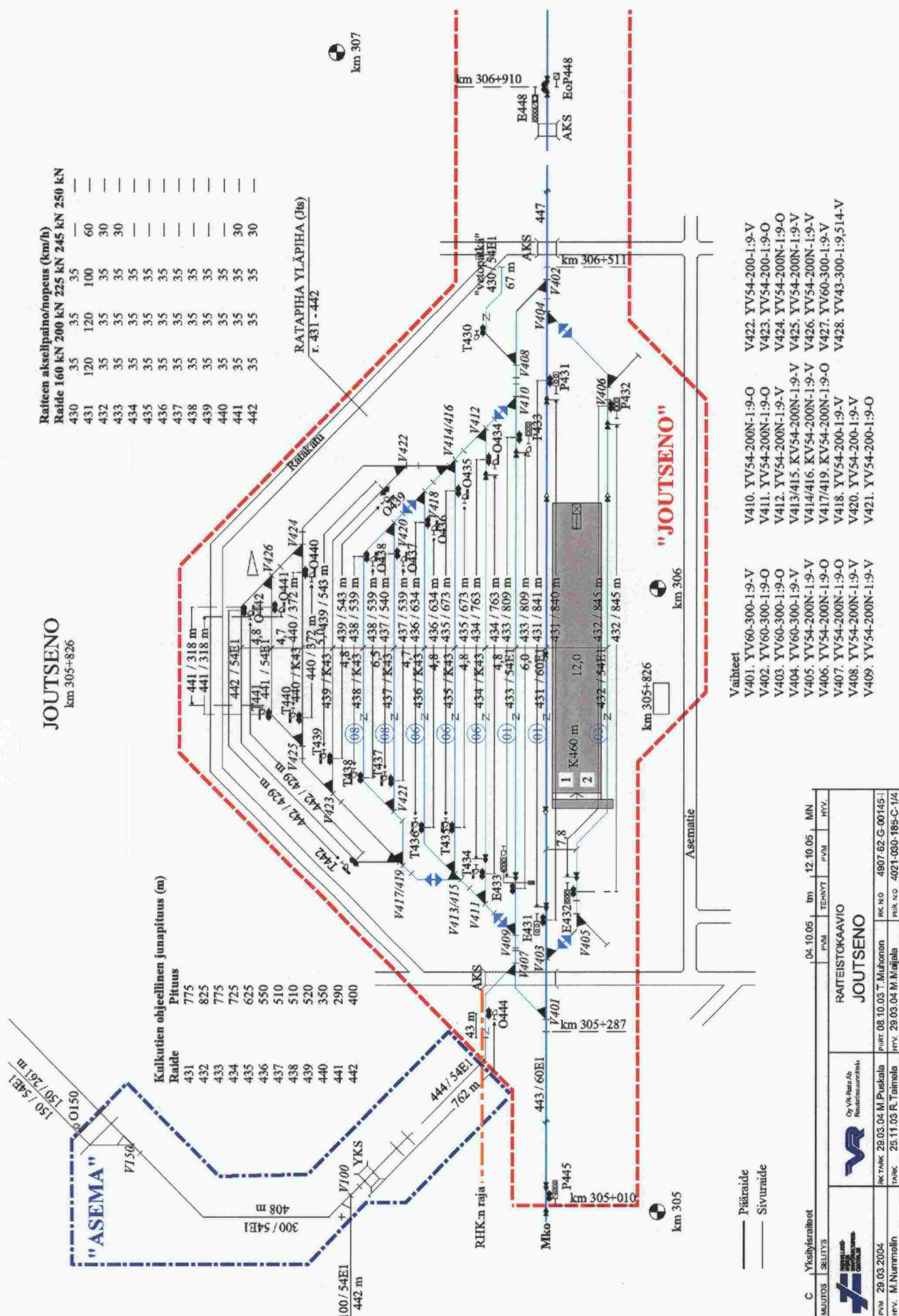


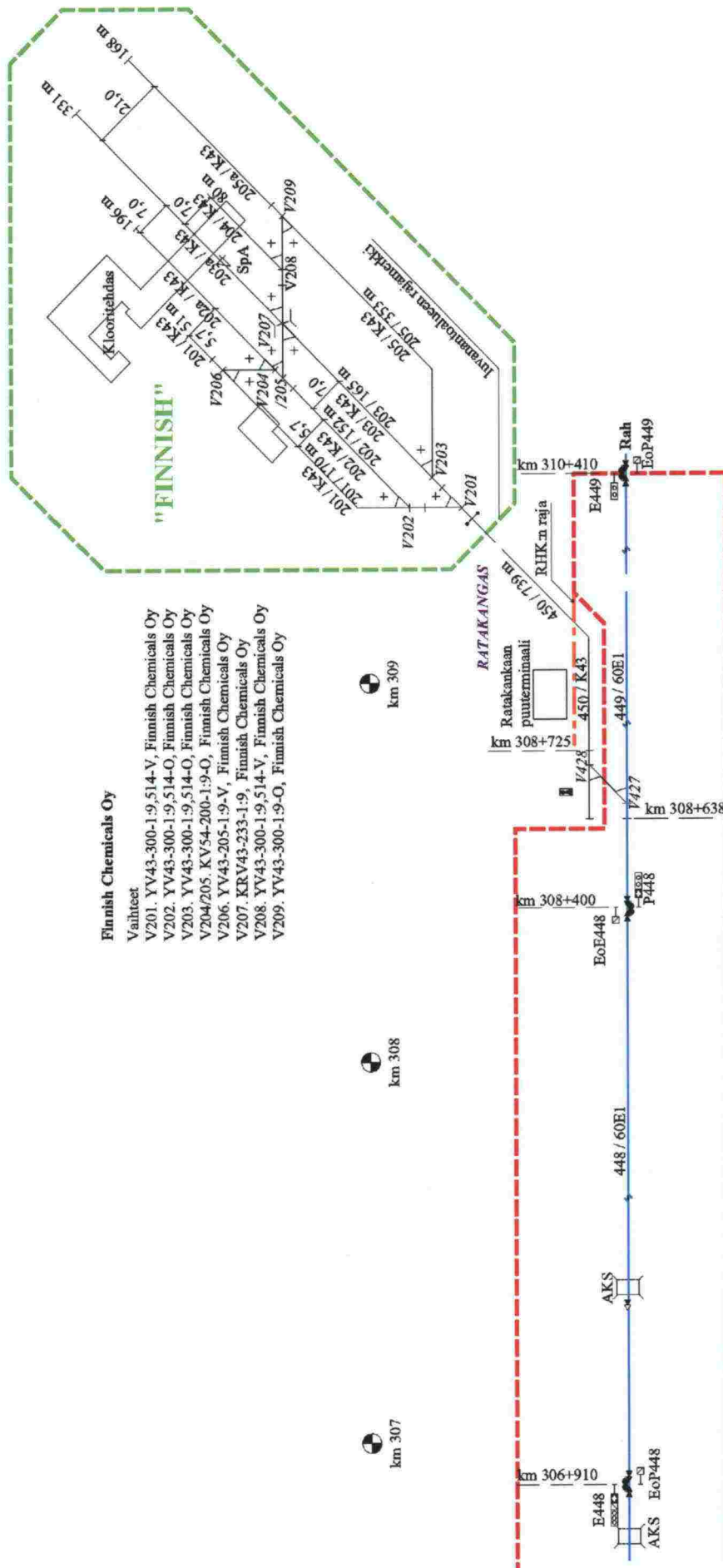
— Pääraide
— Sivuraide

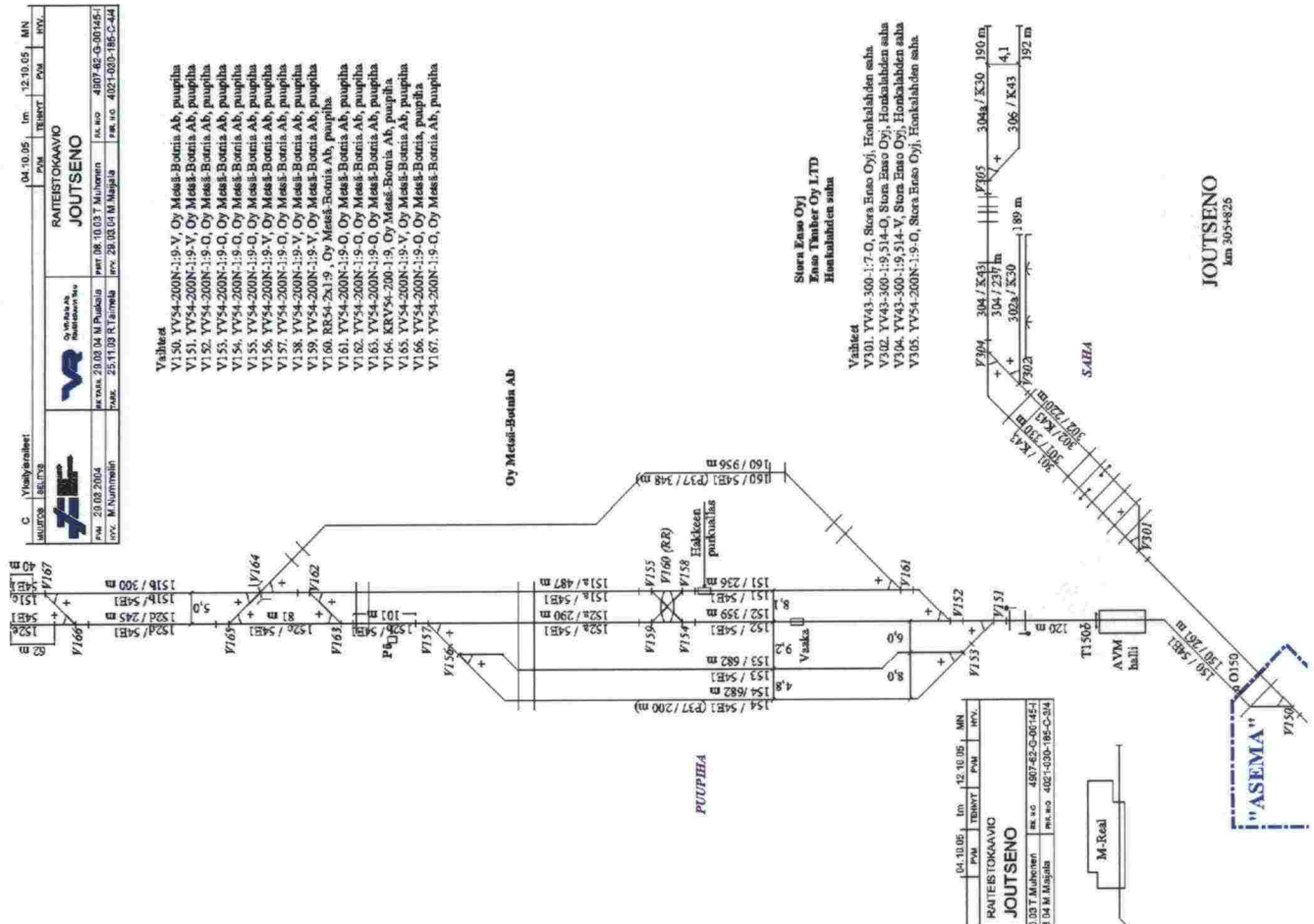
B	Ruutien 302 nopeus akselipainolla 245 kN	18.04.05	Man	28.04.05	MIN
MULTOS	SILTYYS	PVM	TEHTY	PVM	PYY.
		RAITEISTOKAAVIO MUUKKO			
PVM 29.03.2004	RK TEK 29.03.04 M. Pusikalla	PIRT 08.10.03 T. Mulinen	RK NO	4907-82-G-00145-I	
ERY. M. Numminen	TASK. 25.11.03 R. Tainela	RYV 29.03.04 M. Majjala	PIR NO	4021-030-184-B-1/1	

Liite 2.8 Luumäki-Imatra-rataosuuden ratapihat 1 (5)





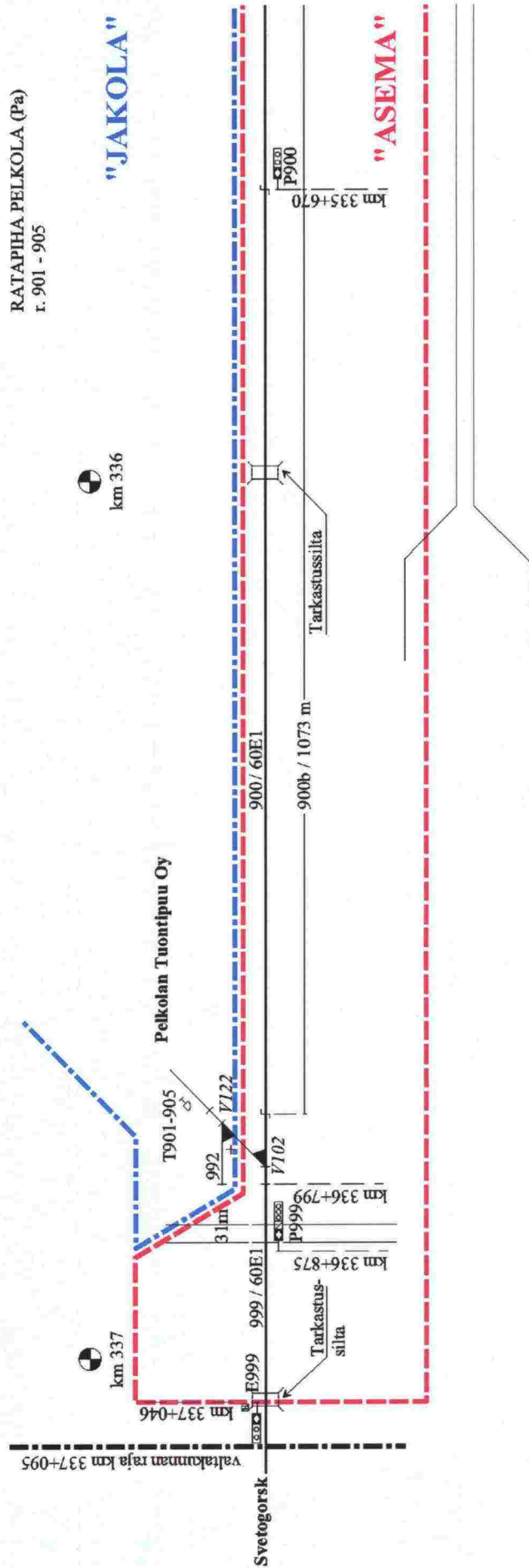
[illegible]



IMATRANKOSKI-RAJA
km 337+095

PELKOLA
km 335+672

Vaihtreet
V102. YV60-300-1:9-V
V122. YV54-200N-1:9-O



Innola lakkautettu. Rakennettu raitiot 682-684.
Junakulken päätökohta -merkit (Imatra tavara).

A	MAUTOS	SELITYS	04.12.05				Maan 23.12.05				MN			
			PVM	TEHNYT	PVM	HYV.	PVM	TEHNYT	PVM	HYV.				
			RAITEISTOKAAVIO				IMATRA							
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											
			Imatra											
			Oy VR-Raja Ab				Rautatieasennus							
			VR											

IMATRANKOSKI

km 331+267

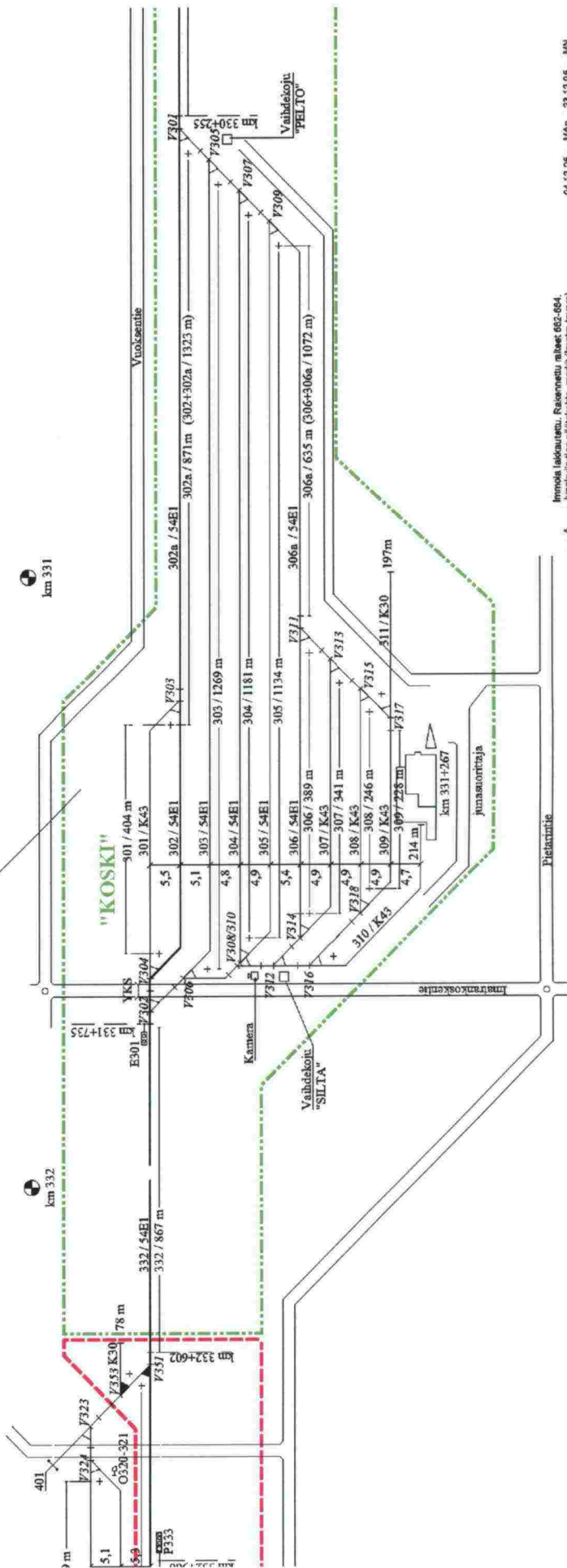
- Vaihteet:
V201 YV54-200-1-9-V
V202 YV54-200N-1-9-O
V203 YV54-200N-1-9-O
V204 YV54-200N-1-9-O
V205 YV54-200N-1-9-O
V206 YV54-200-1-9-O
V207 YV54-200-1-9-O
V208 YV54-200N-1-9-O
V209 YV54-200-1-9-O
V210 YV54-200N-1-9-V
V211 YV54-200N-1-9-V
V212 YV43-205-1-9-514-V
V213 YV43-300-1-9-514-O
V214 YV43-205-1-9-514-V
V215 YV43-205-1-9-514-O
V216 YV43-205-1-9-514-V
V217 YV43-205-1-9-514-V
V218 YV43-205-1-9-514-V
Perussäntö alueille:
V203

Raide	Pituus
301	380
302	1270
302+302a	1215
303	1130
304	1080
305	365
306	320
307	225
308	205
309	

Ratien akselipaino/nopeus (km/h)	160 kN	200 kN	225 kN	245 kN	250 kN
301	50	50	50	50	50
302	50	50	50	50	50
302a	60	60	60	60	60
303	35	35	35	35	30
304	35	35	35	35	30
305	35	35	35	35	30
306	35	35	35	35	30
306a	35	35	35	35	30
307	35	35	35	35	35
308	35	35	35	35	35
309	35	35	35	35	35
310	35	35	35	35	35
311	20	20	20	20	20
332	60	60	60	60	60

RAITEISTA JA VAIHTEISTA
KÄYTTÄVÄN NIMITYKSIÄ:
- raide 311 = Oulu
- V301 = Pellon tulovaihde
- V302 = Sillan tulovaihde

RATAPIHA IMATRANKOSKI (link)
r. 301, 302, 302a, 303-306, 307-309



A		Immatra laatualue. Ratamäärä alku: 662-664. Järjestyksen pätevyys-merkki (Imatra laatu).		04.12.05	MAN	23.12.05	MAN
MUUTOS		SELITYS		PM	TDHT	PM	TDHT
		RAITEISTOKAAVIO					
		IMATRA					
		Oy VR Oyj:n Ratamäärä					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					
		RAITEISTOKAAVIO					

[illegible]



versio 1.1

TARKASTUS ON:		KUNNOSSAPITOTASO:			
Laaditun radantarkastusohjelman mukainen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	1AA	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>
Helteistä johtuva lisätarkastus	<input type="checkbox"/>	1A	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>
Muu erillistarkastus	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>

Kiireellisyysluokitus (KL)	0	Liikenne keskeytettävä, korjattava ennen seuraavaa junaa
	1	Välitön turvallisuusriski, liikenne voidaan sallia rajoituksin, korjattava välittömästi
	2	Ei välitöntä vaaraa, korjataan seuraan huoltokierron yhteydessä
	3	Kokemuksperäisesti ei ole laaienemassa luokaan 2, seurataan kehitystä

[illegible]



Oy VR-Rata Ab

RADANTARKASTUSLOMAKE

versio 1.1

Liite 3.4 Kävelytarkastuslomake

Sivu 1 (2)

TOIMINTAYKSIKKÖ: VRR IS Imatra

TARKASTUKSEN SUORITTAJA: Osmo Karhu 02-04.05/Jorma Lahtinen
Jukka Hulkkonen 05.06/Jorma Lahtinen
sekä sas Matti Henttonen 02-05.06

TARKASTUS AJANKOHTA:

_____ 2 pvä touko _____ kuuta → _____ 5.touko pvä touko _____ kuuta 200 6

TARKASTUS TYYPI:

Veturi / Tka



"Emma"



Vaihteen mittaus



Reslina



Kävely



TARKASTETTU ALUE: (Rataosa / ratapiha)

KILOMETRIVÄLI:

Joutseno-Imatra

300 + 000 - 326 + 550

TARKASTUS ON:

KUNNOSSAPITOTASO:

Laaditun radantarkastusohjelman mukainen tarkastus



1AA



2



5



Helteistä johtuva lisätarkastus



1A



3



6



Muu erillistarkastus



1



4



Kiireellisyysluokitus (KL)

0

Liikenne keskeytettävä, korjattava ennen seuraavaa junaa

1

Väliön turvallisuusriski, liikenne voidaan sallia rajoituksin, korjattava välittömästi

2

Ei väliöntä vaaraa, korjataan seuraan huoltokierron yhteydessä

3

Kokemuseräisesti ei ole laajenemassa luokaan 2, seurataan kehitystä

Km + m / raidenumero / vaihde	Havainnot	Tarkastettu (pvm)	Kiireellisyys- luokitus KL	Korjattava (pvm) mennessä	Korjattu (allekirjoitus ja pvm.)
300+300	Oikealla vesakkoa km303 asti	2.5.2006	2	2006-7	
301+780	Jonkinverran painumaa molemmilla kiskoilla	2.5.2006	2	28. kesä	
303+300 - 600	Sepelivajausta kaaressa /ja ylikulkupaikalla 304	2.5.2006	2	2006	
303+549	Alikulkusillan kohdalla lievä painuma	2.touko	3		
304+900 (pylv 304-14)	Baliisikiinnitykset irti	2.kesä	2	2.kesä	
Pylväs 305-10	Koivut sähkörataperustuksen juuressa	2.kesä	2	2006	
303+000 - 305+300	Matalaa vesakkoa täällä välillä	2.kesä	2	2006-7	
Vaihde 403	Sepelivajausta vaihteessa	2.kesä	2	2006	Ilm Vta
Raide 432	Ylikäytävän kiinnitykset irti	2.kesä	2	3.kesä	
Raide 432	Painuma asemalaiturin tunnelin kohdalla	2.kesä	2	28.kesä	
Raide 432-Vaihde 404	Sepelin vajausta tunnelin kohdalta vaihtelle	2.kesä	2	2006	
Vaihde 404-----	Ennen Vaihdetta epätasaista noin 150m matkalla	2.kesä	2	2006	
306+500	Sillalla baliisikiinnitykset löystyneet	3.kesä	2	3.kesä	
306+820-840	Veturipyörän sorvauskuoppia paljon	3.kesä	2	2006	hits.mest
306-18 pylväs	Korkea pensas estää näkyvyyttä	3.kesä	2	15.touko	
silta 307+405	Levysillan päissä lahopölkkyjä(silta on uusimisohj)	3.kesä	2	2006	uusim?
307+480	2 kpl hitsejä viimestelemättä	3.touko	2	15.touko	
FC:n päätievaihde	Vaihteen voitelu ja joitain kiinnityksiä irti(vaiht.uusim	3.touko	2	4.touko	uusim?
308+350-380 ja 740	UV 2 vikamerkintä ja veturipyörän sorvauskuoppia	3.touko	2	2006	hits.mest
306+100 - 310+000	Matalaa vesakkoa täällä välillä	3.touko	2	2006-7	

Km + m / raidenumero / vaihde	Havainnot	Tarkastettu (pvm)	Kiireellisyys- luokitus KL	Korjattava (pvm) mennessä	Korjattu (allekirjoitus ja pvm.)
310+000 - 311+700	Korkeaa vesakkoa	3.touko	2	2006	
312-7 vas ja 312-12 oik	Alkaa korkea vesakko	3.touko	2	2006	
314+300	Epätasaisuutta painumaa	4.touko	2	2006	
314+000 - 315+500	Vesakkoa molemmin puolin	4.touko	2	2006-7	
Pylv 315-1 - 4	Pylväiden ja harusten juurella vesakot	4.touko	2	2006	
315+982	Sillan alueella hyvin pientä painumaa	4.touko	3		
Pylv 315-13 - 15	Sepelin harjausta	4.touko	2	2006	
Pylv 317-3 - 6	Sepelin harjausta	4.touko	2	2006	
317+400-V351	Sepelin harjausta Rauhan vaihteelle asti	4.touko	2	2006	
Pylv 317-1 - 317-2	Akselinlaskija ja baliisialueen sepelitasaus	4.touko	2	2006	
Pylv 318-9	Rauhanas kohta päätie -toisen tien välin vesakot	4.kesä	2	2006	
319+000	Joitain veturipyörän sorvauskuoppia	4.kesä	3		hits mest
319+000-319+500	Sepelinharjausta	4.touko	2	2006	
319+369	Sillan alueella vähäinen painuma	4.touko	3		
Pylv 319-15 - 320-10	Sepelin harjausta 600m	4.touko	2	2006	
320-10 - 11	Muutama männyn ja koivun oksa poistettava	4.touko	2	2006	
321+000	Kaatonut lahopuu poistettava	4.touko	2	15.touko	
319+400 - 322+000-325	Vesakkoa molemmin puolin	4.touko	2	2006-7	
322+033	Sillan pielen vesakot haittaa näkyvyyttä	5.touko	2	2006	
323+000	Sillan pielen vesakot haittaa näkyvyyttä	5.touko	2	2006	
323+380	Liikennepaikan lähestymismerkki heikko(uusim.)	5.touko	2	2006	
323+900	Sillan kaapelikanavan päällä sepeliä ja roskaa	5.touko	2	2006	
323-700-324-050	Keskusliikenneaeman ratakaukalo tukikerr.heikko	5.touko		ei ylläp	RHK ohj?
- " -	Keskusliikenneaeman laiturin uusiminen	5.touko		ei ylläp	RHK ohj?
Pylv 323-10	Vähäinen painuma laiturinpään kohdalla	5.touko	3		
324+060-240	Mansikkalan silta peltien naulausta löystynyt /irti	5.touko	2	2006	
324+183	Mansikkalan silta uusim.Kiskot,liik,laitteet,lankutus	5.touko			RHK ohj?
325+260 ja 430	Jatkoshitsauksia viimeistelemättä	5.touko	2	2006	
325+600	Vähäistä tulokaaren kiskonkulusta 2-3mm	5.touko	3		
326+550	Tarkastus päättyi 05.05.06 Imatra T asemankohdalle				
	josta jatkuu päärataa Imatra-Simpele välille				



versio 1.1

[illegible]



Oy VR-Rata Ab

RADANTARKASTUSLOMAKE

versio 1.1

Liite 3.7 Kävelytarkastuslomake

Sivu 1 (1)

TOIMINTAYKSIKKÖ: VRR IS Imatra

TARKASTUKSEN SUORITTAJA: Osmo Karhu / Juhani Laine
Teekkari Tiina Kiuru ja RHK:sta Jussi Lindberg

TARKASTUS AJANKOHTA:

17 _____ pvä touko _____ kuuta → 17 _____ pvä touko _____ kuuta 200 6

TARKASTUS TYYPPI:

Veturi / Tka

☐

"Emma"

☐

Vaihteen mittaus

☐

Resiina

☐

Kävely

☒

TARKASTETTU ALUE: (Rataosa / ratapiha)

KILOMETRIVÄLI:

Imatran ratapiha

326 + 000 - 327 + 800

TARKASTUS ON:

KUNNOSSAPITOTASO:

Laaditun radantarkastusohjelman mukainen tarkastus

☒

Helteistä johtuva lisätarkastus

☐

Muu erillistarkastus

☐

1AA

☐

1A

☐

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

☐

6

☒

Kiireellisyysluokitus (KL)

0

Liikenne keskeytettävä, korjattava ennen seuraavaa junaa

1

Väliön turvallisuusriski, liikenne voidaan sallia rajoituksin, korjattava välittömästi

2

Ei väliöntä vaaraa, korjataan seuraan huoltokierron yhteydessä

3

Kokemusperäisesti ei ole laajenemassa luokaan 2, seurataan kehitystä

Km + m / raidenumero / vaihde	Havainnot	Tarkastettu (pvm)	Kiireellisyys- luokitus KL	Korjattava (pvm) mennessä	Korjattu (allekirjoitus ja pvm.)
V501 - V511	Vaihteiden välinen kaari kiskon kuluminen	17.5.2006	2	31.5.2006	22.5SinkkoO
V 511	Väliristeyksessä poikkihalkeama	17.5.2006	2	31.touko	31.5 SinkkoO
	Imatra T Raiteet 8-9-10 ja 60 ja 61:				
Raide 10	Kallistusvirhettä 50mm aseman kohdalla ratapihaa	17.touko	1	24.touko	22.5LahtiJo
	pylv.326-61 ja 326-67 välinen alue			aloitettu18pv	
	virhekohdan pituus noin 50m				
Raide 9	Joitain vinopölkkyjä	17.touko	2	24.touko	23.5LahtiJo
	Raiteet K43 8-12 uusiutuu Imatra 2proj 17.7 alkaen				
Raide 60-61	Kiskojatkoset K43 painuneet	17.touko	2	31.touko	24.5 LahtiJo
Raide 60-61	Kiskojatkosten K43 lähtäytyminen	17.touko	2	2006-7	
Raide 60-61	Tukikerros sora likaantunut erittäin heikko				
	Raiteiden/vaiht.uusimista kiirehditetty vuosien ajan				uusim.RHK?
	Kirjoittamisen jälkeen on saatu tieto RHK:N taholta				
	raiteiden 60 ja 61 ja vaihteden uusimisesta v.2007				
	Imatra 2 projektin yhteydessä.				
	Tiedon välitti Poyry Cm:n valvoja M.Hynninen				

Liite 4. Siltarekisteriluettelo Luumäki-Imatra-rataosuudelta

SILTALUETTELO 31-JUL-06 Raide: 006, Alkukilometri: 0250+0000, Loppukilometri: 0327+0000									
Rataosa	Alue	Km/jam	Siltanimi	SLYH	Rakennusvuosi	HL	Jannemat	Jänne	Nimi
006	LÄ	0250+0267	Luumäen aseman ylikulkusilta	YKS 2001	11,75	16,0+22,0+21,0+16,0			Teräsbetoninen jatkuva laattasilta
006	LÄ2	0251+0940.	Tahvolan alikäytävä	AK 1996	15,7	4,4			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	RAS1	0255+0550.	Toikkalan ylikulkusilta	YKS 1983	6,5	23,4			Teräsbetoninen jatk.palkkisilta, elementtirakenteinen
006	TAP2	0271+0495.	Korkea-ahon ylikulkusilta	YKS 1963	8	11,9			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR1	0274+0286.	Mäntylä-Kuuselan alikulkusilta	AKS 1976	5,83	16,2+9,6			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR	0274+0785.	Simolantien alikulkusilta	AKS 1962	27,58	12,9	5,36	10,8+14,0+10,8	Teräsbetoninen jatkuva laattasilta
006	LR	0286+0466.	Poikkikadun alikulkusilta	AKS 1967	13,5	15,5+15,5			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR	0286+0616.	Lappeenrannan ohitustien aks 2 ja 3	AKS 1967	24,59	15,5+15,5			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR	0286+0616.	Lappeenrannan ohitustien aks 2 ja 3	AKS 1935	9,92	8,6+8,6			Teräspalkkibetoninen laattasilta
006	LR2	0287+0897.	Viipurintien alikulkusilta	AK 1972	9,92	4,5			Teräsbetoninen laattasilta, elementtirakenteinen
006	LR2	0287+0916.	Viipurintien alikäytävä	AKS 1978	5,97	27,0+27,0			Jännitetty betoninen palkkikehäsilta
006	LR2	0288+0630.	Hietalankadun alikulkusilta	AKS 1984	6	14,0			Jännitetty betoninen kaukalopalkkisilta
006	LR1	0290+0282.	Tirilän alikulkusilta	AK 1979	6,4	4,4			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR1	0290+0306.	Tirilän alikäytävä	AKS 1935	4,6	6,6			Teräspalkkibetoninen laattasilta
006	LR1	0291+0373.	Oikotien alikulkusilta	AKS 1970	5,1	20,0+25,0+20,0			Teräsbetoninen jatkuva ontelopalkkisilta
006	LR1	0291+0591.	Lauritsalan et.alikulkusilta, pääraide	AKS 2003	6,4	2,0+13,5+13,5+2,0			Teräsbetoninen jatkuva ontelolaattasilta
006	LR2	0292+0496.	Tunnelikadun alikulkusilta	AKS 1954	5,6	11,4			Teräsbetoninen laattasilta
006	LR2	0292+0496.	Tunnelikadun alikulkusilta	AKS 1978	6,4	4,6			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR2	0292+0898.	Hakalin alikäytävä	AKS 1973	5	8,0			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR2	0293+0162.	Hakalin alikulkusilta	RS 1967	5	33,0+39,0+42,0+39,0+33,0			Teräsbetoninen laattasilta, elementtirakenteinen
006	LR2	0294+0170.	Saimaan kanavan ratasilta	AKS 1967	5,1	10,6+16,5+10,6			Teräksinen jatkuva levypalkkisilta, ajorata yhäällä
006	LR2	0294+0600.	Pontuksen alikulkusilta	AKS 1981	5,9	2,3+17,0+2,3			Teräsbetoninen jatkuva palkkisilta
006	LR2	0295+0509.	Kiilikadun alikulkusilta	AKS 1981	6,4	4,4			Teräsbetoninen ulopeontelolaattasilta
006	LR2	0296+0277.	Kiiskimäen alikulkusilta	AKS 1963	5,1	9,8+13,2+9,8			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	LR2	0296+0481.	Muikon alikulkusilta	AK 1986	6	6,5			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	JTS2	0303+0549.	Pulpin alikäytävä	AKS 1999	7,5	10,0+18,0+10,0			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	JTS2	0303+0673	Hongiston alikulkusilta	AKS 1983	18,5	9,7+12,6+11,3			Teräsbetoninen jatkuva kaukalopalkkisilta
006	JTS	0305+0377.	Tyrmin alikulkusilta	AK 2002	6,74	4,5			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	JTS	0306+0155	Joutsenon asematunneli	AKS 1971	5,66	13,2+18,5+13,2			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	JTS3	0306+0542.	Joutsenon alikulkusilta, Honkalahti	AKS 1935	0	6,0			Teräspalkkibetoninen laattasilta
006	JTS3	0306+0882.	Kesolantien alikulkusilta	AKS 1935	4,5	4,6			Teräksinen levypalkkisilta, ajorata yhäällä
006	JTS3	0307+0405.	Vanhon valtatie 6:n alikulkusilta	AKS 1981	5,4	12,5			Teräspalkkibetoninen laattasilta
006	JTS3	0312+0735.	Maantiealikäytävä "Karjasilta"	AKS 1982	5,4	8,0			Teräsbetoninen kaukalopalkkisilta
006	JTS3	0313+0632.	Jänhialan alikulkusilta	AKS 1996	6,6	11,0			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	RAH1	0315+0982.	Pellisenrannan alikulkusilta 1	AKS 1983	6,04	8,7			Teräsbetoninen vinjalkainen laattakehäsilta
006	RAH1	0317+0257.	Joutsenrannan alikulkusilta	AKS 1995	6,2	9,5			Teräsbetoninen palkkisilta, elementtirakenteinen
006	RAH2	0318+0910.	Rauhan aseman alikulkusilta	AKS 1985	6,34	4,5			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	RAH2	0319+0369.	Rauhan alikulkusilta	AKS 1987	5,4	11,9			Teräsbetoninen laattasilta, elementtirakenteinen
006	IMR	0321+0476.	Povenitsan alikulkusilta	AKS 1980	5,7	9,6+12,0+9,6			Teräsbetoninen jatkuva kaukalopalkkisilta
006	IMR	0322+0033.	Korvenkannan tien alikulkusilta	AKS 1997	7,2	12,4+14,2+12,4			Teräsbetoninen palkkisilta
006	IMR	0323+0005	Asemäen alikulkusilta	AKS 1975	6	11,0+21,8+21,8+11,0			Teräsbetoninen jatkuva ontelopalkkisilta
006	IMR	0323+0923.	Tainionkosken alikulkusilta	AKS 1975	5,7	9,5+9,5+14,0+48,0+48,0+13,0	1-3		Teräksinen levypalkkisilta, ajorata yhäällä
006	IMR	0323+0923.	Tainionkosken alikulkusilta	RS 1933	5,7	9,5+9,5+14,0+48,0+48,0+13,0	4-6		Teräksinen ristikkosilta, ajorata yhäällä
006	IMR	0324+0183.	Mansikkakosken ratasilta	RS 1933	5,7	9,5+9,5+14,0+48,0+48,0+13,0	7		Teräksinen levypalkkisilta, ajorata yhäällä
006	IMR	0324+0183.	Mansikkakosken ratasilta	AKS 1982	5,4	10,0			Teräsbetoninen palkkisilta, elementtirakenteinen
006	IMR	0324+0423.	Vuoksemiskantien alikulkusilta	AK 1986	6	5,4			Teräsbetoninen laattakehäsilta
006	IMR	0324+0439.	Mansikkalan alikäytävä	YKS 1935	25	10,0			Teräksinen levypalkkisilta, ajorata yhäällä
006	IMR	0324+0999.	Sienimäen (Liekokatu) ylikulkusilta						

Uusi silta pohjoispuolella
Vanha silta eteläpuolella

Laiturisilta
Alkukusilta

Liite 5. Rumpurekisteriluettelo Luumäki-Imatra-rataosuudelta

RUMPULUETTELO 31-JUL-06 Raide: 006, Alkukilometri: 0250+0000, Loppukilometri: 0327+0000

Raide	Liik.paikka	Krjnam	Rumpunimi	Leveys	Korkeus	Halkaisija	Pituus	Rak.vuosi	Rumputyyppi	Perustus	Huomautus1	Huomautus2
006	LA	0250+0267.	Rumpu	0.00	0	1	47		Kivi jatkettu betoniputkilla	Sora-arina		
006	LA	0251+0110.	Rumpu	0.00	0	1	29		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0252+0059.	Rumpu	0.00	0	0.6	15.6		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0252+0330.	Rumpu	0.00	0	0.8	18.5		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0252+0653.	Rumpu	0.00	0	0.8	24		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0253+0689.	Rumpu	0.00	0	0.8	17		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0254+0191.	Rumpu	0.00	0	0.8	18		Betoniputki	Sora-arina		
006	LA2	0254+0980.	Rumpu	0.00	0	1	21		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS1	0255+0631.	Rumpu	0.00	0	1	13		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS1	0256+0004.	Rumpu	0.00	0	1.2	23		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS1	0256+0899.	Rumpu	0.00	0	0.6	15		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS1	0257+0749.	Rumpu	0.00	0	1.2	19.2		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS2	0259+0269.	Rumpu	0.00	0	1	15.4		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS2	0260+0589.	Rumpu	0.00	0	1	12		Betoniputki	Sora-arina		
006	RAS2	0261+0521.	Rumpu	0.00	0	1	22.3		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA1	0262+0957.	Rumpu	0.00	0	1.2	20.4		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA1	0263+0146.	Rumpu	0.00	0	1	20.4		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA1	0264+0370.	Rumpu	0.00	0	0.8	32		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA2	0265+0815.	Rumpu	0.00	0	0.8	27.55		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA2	0266+0150.	Rumpu	0.00	0	1.2	24		Betoniputki	Sora-arina		
006	TRA2	0266+0646.	Rumpu	0.00	0	0.6	11		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP1	0267+0415.	Rumpu	0.00	0	0.8	29.65		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP1	0267+0596.	Rumpu	0.00	0	0.8	28.35		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP1	0268+0035.	Rumpu	0.00	0	0.8	13.35		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP1	0268+0793.	Rumpu	0.00	0	1.8	24		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP1	0269+0240.	Rumpu	0.00	0	1	16		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP	0270+0391.	Rumpu	0.00	0	0.8	20.2		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP2	0270+0956.	Rumpu	0.00	0	1.2	28.6		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP2	0271+0606.	Rumpu	0.00	0	0.6	19		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP2	0272+0137.	Rumpu	0.00	0	0.6	14.15		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP2	0272+0391.	Rumpu	0.00	0	0.6	20		Betoniputki	Sora-arina		
006	TAP2	0272+0866.	Rumpu	0.00	0	0.6	14		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0273+0010.	Rumpu	0.00	0	0.8	17.15		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0273+0442.	Rumpu	0.00	0	1	19.6		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0273+0866.	Rumpu	0.00	0	0.6	17		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0274+0067.	Rumpu	0.00	0	0.8	12		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0274+0342.	Rumpu	0.00	0	1	20		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0274+0991.	Rumpu	0.00	0	0.6	24		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR1	0275+0309.	Rumpu	1.2					Betonivalu	Ei tietoa		
006	LR2	0288+0020.	Rumpu	1.00	1.8	0	13.7		Kivirumpu	Sora-arina		
006	LR2	0288+0444.	Rumpu	1.00	1.8	0	26.8		Kivirumpu	Sora-arina		
006	LR4	0291+0181.	Rumpu		0	0.6	10		Betoniputki	Sora-arina		
006	LRS1	0291+0205.	Rumpu	0.00	0	0.6	0		Betoniputki	Sora-arina		
006	LRS	0291+0987.	Rumpu	0.00	0	0.8	0		Betoniputki	Sora-arina		
006	LR4	0292+0011.	Rumpu		0	0.8	20		Betoniputki	Sora-arina		
006	LRS	0292+0103.	Rumpu	0.90	1.2	0	0		Kivirumpu	Sora-arina		
006	JTS3	0312+0512.	Jänhilän rumpu, karjasillan takana	1.80	1	1.8	19.6		Kivi jatkettu betoniputkilla	Sora-arina	Jatkettu bet.vas 6x0.6m	oik 5x0.6m
006	IMR	0321+0696.	Rumpu	0.90	1	1	44		Kivi jatkettu betoniputkilla	Sora-arina	Kuiva rumpu	
006	IMR	0322+0794.	Tainionkosken rumpu	1.80	1	1.8	27		Kivi jatkettu betoniputkilla	Sora-arina	Vas.jatk.bet.p.12kplx0.6	Vapaa aukko 0.9mx1.5m
006	IMR	0325+0535.	Rumpu 1			1	20	2001	Betoniputki	Sora-arina		
006	IMR	0325+0800.	Rumpu 2			0.8	20	2001	Betoniputki	Sora-arina		
006	IMR	0325+0940.	Rumpu 3			0.6	35	2001	Betoniputki	Sora-arina		
006	IMR	0326+0020.	Rumpu	0.00	0	0.8	50	1996	Muovi	Sora-arina	rumpu kulkee 006 ja r632 välissä raitteen suuntais	
006	IMT	0326+0048.	Imatran eteläpään betonirumpu	3.10	2		30		Betonivalu	Sora-arina	Äl!t.m.yös lmk pärrait.	sekä lmt 0028(Vetopätkän
006	IMT	0326+0170.	Salaojan purkurumpu			0.5	30	2001	Betoniputki	Sora-arina		

RATAHALLINTOKESKUKSEN JULKAISUJA A-SARJASSA

- 1/2002 Ratarakenteen routasuojaus
- 3/2002 Rautatietasoristeysten turvaamis- ja poistostrategia 2020
- 4/2002 Rautateiden maanvaraiset pylväasperustukset, lisensiaatintutkimus
- 5/2002 Raiteentarkastus ja siinä ilmenevien virheiden analysointi välillä Kirkkonummi–Turku
- 6/2002 Kerava–Lahti-oikoradan sosiaalisten vaikutusten arviointi
- 7/2002 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2025
- 8/2002 Puomillisten tasoristeysten turvallisuus
- 9/2002 Vartioimattomien tasoristeysten turvallisuus
- 10/2002 Ratarumpututkimus, mallinnus
- 1/2003 Katsaus Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoimintaan
- 2/2003 Instrumentation and Modelling of Railway Culverts
- 3/2003 Rautatieliikenteen onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportoinnin kehittäminen
- 4/2003 Henkilöliikenneasemien esteettömyyskartoituksen tuloksia
- 1/2004 Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025
- 2/2004 Rautateiden kaukoliikenteen asemien palvelutaso ja kehittämistarpeet
- 3/2004 Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset
- 4/2004 Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa
- 5/2004 Radan kulumisen rajakustannukset vuosina 1997 – 2002
- 6/2004 Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997 – 2002
- 7/2004 Ratakapasiteetin jakamisen vaatimukset ja liikenteen suunnittelun tila
- 8/2004 Stabiiliteetiltaan kriittiset ratapenkereet, esitutkimus
- 9/2004 Ratapenkereitten leveys ja luiskakaltevuus, esitutkimus
- 10/2004 Lähtökohtia ratapihojen kapasiteetin mittaamiseen
- 1/2005 Sähköratamaadoituksien perusteet – suojarakenteet, rakennukset ja laiturirakenteet
- 2/2005 Kerava–Lahti-oikoradan ennen-jälkeen vaikutusarviointi, ennen-vaiheen selvitys
- 3/2005 Ratatietojen kuvaaminen – ratatietokanta ja verkkoselostus
- 4/2005 Kaakkois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 1/2006 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämisstrategia
- 2/2006 Rautatie ja sen vaarat osana lasten ympäristöä
- 3/2006 Matkustajainformaatiojärjestelmien arviointi Tampereen, Toijalan ja Hämeenlinnan rautatieasemilla
- 4/2006 Radan välityskyvyn mittaamisen ja tunnuslukujen kehittäminen
- 5/2006 Deformation behaviour of railway embankment materials under repeated loading
- 6/2006 Research and Development Strategy of the Finnish Rail Administration
- 7/2006 Rautatieliikenne 2030 -suunnitelman lähtökohdat ja vaikutustarkastelut
- 8/2006 Vanhojen, paalutettujen ratapenkereiden korjaus
- 9/2006 Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkyys
- 10/2006 Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet
- Kirjallisuustutkimus ja laskennallinen tausta-aineisto
- 11/2006 Rautatieinfrastruktuurin kehitystarpeet suuryksikkökuljetusten yleistyessä
- 12/2006 Pasilan aseman esteettömyyskartoitus ja toimenpideohjelma



**RATAHALLINTOKESKUS
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN**

Julkaisija:
Ratahallintokeskus
Keskuskatu 8, PL 185, 00101 Helsinki
puh. 020 751 5111, fax 020 751 5100
www.rhk.fi

ISBN 978-952-445-177-2 (nid.)
ISBN 978-952-445-178-9 (pdf)
ISSN 1455-2604